TRAITÉ DE PAIX ENTRE DESCARTES ET NEWTON PRÉCÉDÉ DES...



TRAITÉ
DE PAIX ENTRE
DESCARTES
ET
NEWTON,

PRÉCÉDÉ

DES VIES LITTÉRAIRES

de ces deux Chefs de la Physique moderne.

TOME SECOND.

CONTENANT

LA VIE LITTÉRAIRE DE NEWTON.

Par le P. AIMÉ-HENRI PAULIAN, *Professeur de Physique au Collége d'Avignon, de la Compagnie de Jesus.*



A AVIGNON,

Chez la Veuve GIRARD, Impr. Libr. à la Place St. Didier.

M. DCC. LXIII.

AVEC PERMISSION DES SUPÉRIEURS.



PRÉFACE.

LA marche que nous avons tenue dans la Vie littéraire de Defcartes, nous la tiendrons dans la vie littéraire de Newton. Ce fera ici le *compte rendu* des Découvertes du plus grand-Homme que l'Angleterre ait donné au Monde Sçavant. Le lecteur s'appercevra fans peine que le fecond volume de cet Ouvrage ne contient, comme le premier, que les préliminaires au Traité de paix que nous devons conclure entre les deux Chefs de la Phyfique moderne. Quelque difficile qu'il foit de mettre Newton à la portée des Phyficiens ordinaires, nous efpérons cependant qu'on lira les lettres qui compofent ce fecond

volume, avec presque autant de facilité qu'on a lu celles qui forment le premier. Les calculs trop longs & trop compliqués, nous les donnerons dans des notes séparées des lettres, où nous aurons traité les points de Physique qui les exigent. Les Physiciens consommés les examineront; les Physiciens ordinaires les supposeront comme autant de Principes incontestables.

Ce qui rendra précieuse, j'ai presque dit nécessaire dans la littérature, cette seconde partie de notre Ouvrage; c'est que nous n'avons en françois aucune vie du grand Newton. Je ne connois que l'éloge historique que fit en assez peu de mots de ce Philosophe, l'illustre Fontenelle en l'année 1727.



LA VIE LITTÉRAIRE DE NEVVTON.

INTRODUCTION.



LES *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle*; le *véritable systéme du Monde*; l'*Optique*, ou le Traité de la réflexion, de la réfraction, de l'inflexion & des couleurs de la lumière; l'*Arithmétique universelle*; l'*Analise par les équations infinies*; la *Méthode des fluxions & des séries infinies*; la *quadrature des courbes*; l'*énumération des lignes du troisième ordre*; la *méthode différentielle*; la Chro-

nologie; des *observations sur Daniel & sur l'Apocalipse*; une *dissertation sur les coudées des Juifs & celles des autres Nations*; un *très-grand nombre de Lettres* dans lesquelles sont résolus les problémes les plus difficiles; voilà les ouvrages qui, par une espèce d'acclamation unanime, ont fait mettre Newton à la tête des Sçavans du siécle où il a vécu, c'est-à-dire, du siécle peut-être le plus fécond en grands-hommes; & voilà les Ouvrages dont il nous faudroit rendre le compte le plus exact, si nous devions parler de ce Philosophe d'une manière indépendante de tout Traité de paix entre l'École Cartésienne & l'École Newtonienne. Mais nous n'ignorons pas quelles sont les bornes où nous renferme, comme malgré nous, ce projet d'accommodement; & tout lecteur, homme de goût, comprend sans peine combien seroient ici déplacées les Analises des ouvrages qui n'ont aucun rapport avec la Philosophie. Aussi diviserons-nous cette vie littéraire en 4 livres seulement. L'Optique

de Newton fera la matière du premier. Nous examinerons dans le fecond fon ouvrage fur le fyftéme du monde. Nous difcuterons dans le troifième livre les points de Phyfique & de Métaphyfique que contiennent les Principes de fa Philofophie. Nous rapporterons enfin dans le quatrième ce qu'il peut y avoir de Phyfique dans le refte de fes ouvrages. Mais, avant que d'entrer en matière, faifons en peu de mots l'hiftoire de ce grand-Homme, depuis fa naiffance jufqu'à l'âge de 45 ans, tems auquel il donna fon premier Ouvrage au public.

Ifaac Newton, originaire de la Ville de Newton en Irlande, naquit le jour de Noël (vieux ftile) de l'année 1642, à Wolftrope dans la Province de Lincoln en Angleterre, Ville dont depuis près de 200 ans fes Ancêtres étoient Seigneurs. Il étoit fort jeune, lorfqu'il eut le malheur de perdre fon Père. Il demeura dans la maifon paternelle jufqu'à l'âge de 12 ans. Sa Mere Anne Afcough qui s'étoit rema-

riée quelque tems après la mort de son mari, se détermina enfin à lui donner une éducation qui répondit à sa haute naissance. Elle l'envoya dans la grande École de Grantham, ville d'Angleterre en Lincolnshire, d'où elle le retira six ans après pour le faire entrer dans la célébre Université de Cambridge. Ce fut alors qu'il commença à s'addonner à l'étude des Mathématiques. Pour y faire des progrès plus rapides, il prit, non pas les élemens d'Euclide qui lui parurent trop faciles, mais la Géométrie de Descartes & les Optiques de Képler. Aussi l'ingénieux Fontenelle lui applique-t-il (1) ce que Lucain a dit du Nil dont les Anciens ne connoissoient pas la source, *qu'il n'a pas été permis aux Anciens de voir le Nil foible en naissant.* Newton lut encore avec beaucoup d'attention Schooten & Wallis. Ce fut en méditant sur les ouvra-

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, année 1727. Éloge de Newton.

ges de ce dernier, (1) qu'il trouva ses *séries infinies*, & le calcul des *fluxions*, si connu sous le nom de *calcul infinitésimal.* Il n'avoit alors que 23 ans, c'est-à-dire, que son premier coup d'essai dans les Mathématiques fut un coup de Maître, qui le mit dès-lors au-dessus non-seulement de tous les Mathématiciens existans; mais encore de tous les Mathématiciens qui avoient existé avant lui. Il ne sépara jamais l'étude de la Physique de celle des Mathématiques. Dans le tems qu'il faisoit des notes sçavantes sur les ouvrages de Wallis, il faisoit dans la chambre obscure les expériences du prisme, que l'on peut regarder cemme le fondement de son Optique (2). Il fit même depuis l'année 1669 jusqu'à l'année 1672 des leçons publiques sur cette science dans l'Université de Cambridge, en qualité de Professeur de Mathématique; l'il-

(1) Opuscule de Newton Tome I. pag. 329 & suivantes.

(2) Opuscule de Newton Tome II. pag. 279.

lustre Barow ne se démit de cette chaire, qu'à condition qu'on lui donneroit Newton pour successeur. Ce fut dans une de ces leçons, qu'il fit la description de son Télescope Cata-dioptrique dont nous aurons occasion dans la suite de faire l'éloge. La Société Royale de Londres, dont il étoit Membre, connoissoit trop l'importance de cette découverte, & la modestie de l'inventeur, pour ne pas l'obliger à en faire l'histoire dans les Transactions philosophiques. On la trouve dans ce précieux recueil, au mois de Mars de l'année 1672. On y lit aussi qu'à peu près dans le même tems il découvrit une très-petite Cométe entre le côté méridional & le côté oriental de *Persée*. 4 à 5 ans après il fut en état de démontrer, & il démontra en effet la fameuse proposition sur laquelle est fondée toute la Physique céleste; que *si la force centripéte d'une Planéte quelconque suit la raison inverse des quarrés des distances, cette planéte parcourra une véritable ellipse dont le foyer inférieur sera le centre des for-*

ces. Il démontra en même tems que *cet Astre parcourant son ellipse, gardera très-exactement la première loi de Képler,* c'est-à-dire, qu'*il parcourra des aires géométriquement proportionnelles aux tems.* Ce n'est pas ici le lieu de mettre cette proposition dans tout son jour, & d'en faire sentir le vrai à ceux-là même qui n'auroient pas de grandes avances en Physique; nous aurons occasion de traiter cette matière à fond dans le cours de cette vie littéraire, & nous espérons que ce ne sera pas là le plus mauvais endroit de notre ouvrage. Nous nous contenterons maintenant de faire remarquer que Newton, après avoir trouvé sa démonstration, passa 7 ans entiers à l'examiner par tous les côtés imaginables, & à en tirer ce grand nombre de conséquences qui se présentent, comme d'elles-mêmes, à tout esprit né pour s'ouvrir dans la Physique quelque route nouvelle. Ce ne fut qu'après ce long examen, qu'il se détermina à l'envoyer au fameux Halley. Celui-ci transporté de joie & d'admiration,

la communiqua à la Société Royale de Londres, qui la fit d'abord insérer dans ses Régistres. Elle fit plus ; elle résolut d'engager Newton à mettre en ordre ses écrits, & à ne pas enfoüir plus long-tems un thrésor de cette espèce. Newton se rendit à une si glorieuse invitation ; & il mit successivement au jour ce grand nombre d'excellens ouvrages dont nous allons rendre compte par lettres, comme nous avons fait dans la vie littéraire de Descartes. C'est la nature des ouvrages, & non pas le tems où ils ont paru, qui nous dirigera dans notre marche. Mais comme dans cette espèce de *compte reudu*, je serai souvent obligé de citer les propres paroles de l'Auteur, & que par conséquent le mot *attraction* ne sera pas oublié ; je crois devoir, avant toutes choses, faire la déclaration suivante.

1°. Toutes les fois que dans le cours de cette vie littéraire il m'arrivera de dire qu'*un tel corps attire*, & qu'*un tel autre est attiré* ; je ne prétend pas insinuer par-

à qu'il y ait dans le corps *attirant* & dans le corps *attiré* aucune qualité intrinsèque & inhérente, capable de produire aucun effet de cette espèce. Le Créateur, je le sçais, peut avoir fait, au commencement du monde, des loix générales, en vertu desquelles les corps essentiellement indifférens au mouvement ou au repos, tendent les uns vers les autres en telle & telle raison. Mais l'a-t-il fait? Voilà ce que nous examinerons dans la suite avec toute l'attention dont nous serons capables; & voilà, supposé qu'il l'ait fait, ce que j'appellerai *loix de l'attraction mutuelle des corps.*

2°. Lorsque je dirai que l'*attraction se fait en raison directe des masses*, je ne parlerai que de l'*attraction active*; & voici ce que signifiera cette manière de parler, en supposant toujours l'existence des loix de l'attraction: le corps A de 100 livres tend cent fois moins vers le corps B d'une liv., que le corps B ne tend vers le corps A.

3°. Lorsque j'avouerai que l'*attraction se fait en raison inverse des quarrés des distan-*

ces à un centre quelconque, je ne parlerai que de l'*attraction passive*, & dès maintenant je ne prétens avouer que ce qui suit : la force qui fait tendre un corps quelconque vers un autre, quelle qu'elle soit, agit quatre fois plus à 1 qu'à 2 lieues, 9 fois plus à 1 qu'à 3 lieues, 16 fois plus à 1 qu'à 4 lieues de distance &c. Je ne crains pas qu'après une pareille déclaration, le Chevalier à qui mes lettres seront toujours addressées, me regarde comme un Newtonien fanatique & enthousiaste ; comme un homme plutôt porté pour Newton, que pour Descartes ; comme un homme en un mot trop partial, pour être propre à conclure un Traité de paix entre ces deux Chefs de la Physique moderne.





LIVRE PREMIER.

DE L'OPTIQUE DE NEWTON.

LETTRE PREMIÉRE.

Idée générale de l'Optique de Newton. Définitions & Axiomes qui servent d'introduction à cet ouvrage.

M. de Fontenelle voulant caractériser, dans l'éloge historique qu'il a fait de Newton, le fameux Traité que ce grand Homme donna sur l'Optique en l'année 1704, le nomme un ouvrage *neuf* & *original*. Il me paroit, mon cher Chevalier, qu'il manque quelque chose à ce caractère. Je voudrois y ajouter que c'est peut être l'ouvrage le plus solide que nous ayons en Physique, & que c'est là le modéle que l'on doit proposer à quiconque veut interroger sûrement la Nature par la voye

de l'expérience. Ce ne fut en effet qu'après avoir, pendant trente années entières, disséqué, pour ainsi dire, la lumière avec toute l'exactitude, toute la dextérité & tout le succès possible, que Newton se détermina à publier ses importantes découvertes. Depuis lors les esprits ne sont plus partagés en Physique. Tout le Monde convient que la lumière est un corps hétérogéne : que son hétérogénéité lui vient de 7 rayons différens en masse & en figure : que ces 7 rayons sont l'unique cause des 7 couleurs primitives, le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *verd*, le *bleu*, l'*indigo*, & le *violet* : que chacune de ces couleurs est inséparable d'un rayon primitif : que le rouge appartient à celui des 7 rayons qui a le moins de réfrangibilité & le moins de réflexibilité : que le violet est inséparable du rayon le plus réfrangible & le plus réflexible : que les autres 5 couleurs appartiennent à des rayons qui ont plus ou moins de réfrangibilité & de réflexibilité, suivant qu'ils sont plus ou moins près du

rayon violet : que la jonction de quelques unes des couleurs primitives donne des couleurs composées ou subalternes : que la couleur la plus composée de toutes est le blanc, puisqu'il résulte de l'assemblage des 7 couleurs primitives : que la lumière est non-seulement capable de réfraction & de réflexion, mais encore d'inflexion : que toutes ces propriétés de la lumière rendent les Télescopes par réflexion préférables aux Télescopes par réfraction. Voilà, mon cher Chevalier, une partie des découvertes dont le grand Newton a enrichi la Physique. Déterminés que nous sommes à examiner son optique presque page par page, nous en rendrons compte à tête reposée. Je me charge de toutes celles que contiennent le premier & le second livre de cet ouvrage ; chargez-vous à votre tour d'examiner les 31 questions, ou plutôt les 31 doutes qui forment le troisième & le dernier livre. Mais puisque nous sommes résolus de suivre Newton pas à pas, nous ne sçaurions nous dispenser, avant que

d'entrer en matière, de donner quelques Définitions, & de poser quelques Principes que ce Physicien regarde comme les fondemens de son Optique. Les Définitions, ainsi que les Principes sont au nombre de huit.

Définition 1. Tout rayon de lumière forme une ligne, composée de particules infiniment petites, qui existent en même tems, ou qui se succédent les unes aux autres.

Définition 2. La réfrangibilité des rayons de lumière n'est que la disposition, l'aptitude qu'ils ont à changer de ligne, lorsqu'ils sont obligés de passer d'un milieu dans un autre. Un rayon de lumière est donc plus réfrangible qu'un autre, par exemple, le rayon A est plus réfrangible que le rayon B, si le premier, à incidence égale sur le même milieu, est disposé à s'écarter plus que le second de l'ancienne ligne que l'un & l'autre parcouroient auparavant.

Définition 3. La réflexibilité des rayons de lumière n'est aussi que la disposition, l'aptitude qu'ils ont à être renvoyés dans

le milieu d'où ils venoient, par la ſurface d'un corps dans le ſein duquel il ne leur a pas été poſſible de pénétrer. La facilité plus ou moins grande à être renvoyés, annonce donc plus ou moins de réflexibilité dans ces rayons.

Définition 4. L'angle d'incidence d'un rayon quelconque eſt formé par la ligne d'incidence de ce même rayon, & par la ligne perpendiculaire à la ſurface du milieu réfractant, ou réfléchiſſant.

Définition 5. L'angle de réflexion d'un rayon quelconque eſt formé par la même perpendiculaire & par la ligne de réflexion de ce même rayon. Pour l'angle de réfraction il eſt formé par le rayon réfracté, & par la ligne perpendiculaire au milieu réfractant.

Définition 6. Les Sinus d'incidence, de réflexion & de réfraction ſont les Sinus droits des angles d'incidence, de réflexion & de réfraction.

Définition 7. La lumière *ſimple* & *homogéne* eſt formée de pluſieurs rayons éga-

lement réfrangibles; plusieurs rayons différemment réfrangibles donnent une lumière *composée* & *hétérogéne*.

Définition 8. La lumière homogéne donne des couleurs *primitives*, l'hétérogéne en donne de *secondaires* ou de *subalternes*.

A ces huit Définitions Newton a cru devoir joindre un pareil nombre d'Axiomes qu'il seroit difficile de révoquer en doute. Les voici.

Axiome 1. Les angles d'incidence, de réflexion & de réfraction se trouvent toujours dans un même plan.

Axiome 2. L'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence.

Axiome 3. Un rayon réfracté qui reviendroit directement sur lui-même, parcourroit, après avoir changé de milieu, son ancienne ligne d'incidence.

Axiome 4. Un rayon de lumière passant obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, de telle sorte

que l'angle de réfraction eſt toujours plus petit que celui d'incidence. Le contraire arrive, lorſque le paſſage ſe fait d'un milieu plus denſe dans un milieu plus rare.

Axiome 5. Le ſinus de l'angle d'incidence & le ſinus de l'angle de réfraction ſont en *raiſon donnée* ; c'eſt-à-dire, l'on connoit en Phyſique le rapport qu'il y a du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction. En voici deux exemples. Un rayon rouge paſſe-t-il obliquement de l'air dans l'eau ? L'on fera la proportion ſuivante ; le ſinus de ſon angle d'incidence : au ſinus de ſon angle de réfraction : : 4 : 3 ; ce ſeroit comme 3 eſt à 4, ſi le paſſage ſe faiſoit de l'eau dans l'air. Le même rayon rouge paſſe-t'il obliquement de l'air dans le verre ? l'on dira, le ſinus de ſon angle d'incidence : au ſinus de ſon angle de réfraction : : 17 : 11 ; l'on diroit, comme 11 eſt à 17, ſi le paſſage ſe faiſoit du verre dans l'air.

Axiome 6. Les rayons homogénes partis de différens points, ſe réüniſſent auſſi

à différens points, après avoir été réfractés ou réfléchis. Je fixe, par exemple, un objet dont toutes les parties envoient à mes yeux des rayons rouges ; les rayons qui viennent des parties supérieures de l'objet, ne se réuniront pas sur ma rétine au même point où se réunissent ceux qui viennent des parties inférieures de ce même objet.

Axiome 7. C'est au point de réünion des rayons de lumière que se forment les images des objets.

Axiome 8. L'image de l'objet me paroit dans l'endroit, où j'imagine que se fait la réunion des rayons réfractés, ou réfléchis qui concourent à la tracer. Voilà, mon cher Chevalier, ce que Newton regarde comme autant de Principes incontestables ; voila ce qu'il appelle l'introduction à son Optique. Vous avez de trop grandes avances en Physique, pour ne pas en sentir toute l'évidence, & pour avoir désiré que j'eusse éclairci la matière par des Figures que j'aurois pu tracer à cette occasion. On

n'en agit pas autrement avec un homme qui n'a pas été arrêté, en lisant l'abrégé de la Géométrie de Descartes. Vous n'aurez pas occasion dans le cours de ce premier livre, de faire usage de votre science ; l'Optique de Newton est à la portée de tout le monde. Il n'en sera pas ainsi, lorsque j'aurai à vous rendre compte de son Sistéme général ; je vous mettrai plus d'une fois à même de vous féliciter d'avoir fait dans votre jeunesse de très bonnes études. Mais ne nous écartons pas de notre sujet. Vous recevrez au premier jour une de mes lettres qui vous mettra au fait des deux parties que contient le premier livre de l'Optique de Newton. J'aurai soin de n'omettre aucune des Propositions que l'Auteur y avance ; & si je ne vous rapporte pas toutes les expériences qui en sont les preuves, je vous ferai du moins un détail très circonstancié de celles qu'on regarde comme les principales & les plus décisives. Je suis, &c.

LETTRE SECONDE.

Abrégé de la première Partie du livre premier de l'Optique de Newton. Description & avantages du Téleſcope par réflexion.

JE comptois, mon cher Chevalier, pouvoir dans une ſeule lettre vous faire l'abrégé du livre premier de l'Optique de Newton. Mais l'entrepriſe eſt trop forte ; ce livre contient lui ſeul 138 pages in-4°, c'eſt-à-dire, près de la moitié de l'Ouvrage dont j'ai commencé à vous rendre compte. Je me ſuis donc déterminé à en faire la matiere de deux lettres ; & je l'ai fait d'autant plus volontiers, qu'il eſt diviſé en deux Parties très-diſtinguées l'une de l'autre. Newton avance dans la première Partie huit Propoſitions des plus eſſentielles, & il les prouve par les expériences les plus triomphantes. Entrons en matière. Sa première Propoſition eſt conçue en ces termes : *Les rayons de lumière différemment*

différemment colorés ont aussi différens dégres de réfrangibilité.

Pour faire toucher au doigt cette vérité, Newton s'y prit de la sorte. Il choisit une bande de carton d'environ 2 doigts de largeur & de 5 à 6 pouces de longueur. Il en peignit 3 pouces en bleu & 3 pouces en rouge. Il envelopa plusieurs fois le carton suivant sa longueur avec un gros fil noir qui formoit des lignes parallèles entr'elles. Il l'éleva perpendiculairement contre la muraille, de telle sorte qu'une des deux couleurs se trouvoit à droite & l'autre à gauche. Il en approcha pendant la nuit une grosse chandelle allumée, en prenant bien garde que la flame ne montat guères plus haut que l'extrémité inférieure du carton, & qu'elle répondit à peu près à la ligne qui séparoit les deux couleurs. A six pieds & 1 ou 2 pouces de distance de-là, il éleva verticalement une lentille de verre de 4 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, & de six pieds 1 ou 2 pouces de foyer. Il plaça un papier blanc

au foyer de cette lentille ; & il éprouva que, pour avoir une image distincte de la partie teinte en rouge, il falloit porter le papier blanc un pouce & demi plus loin, que pour avoir une image distincte de la partie teinte en bleu. Il conclut de-là que la lumiere rouge & la lumiere bleue n'avoient pas le même dégré de réfrangibilité, & que par conséquent *les rayons de lumière différemment colorés ont aussi différens degrés de réfrangibilité.* C'est là la seconde expérience de l'Optique de Newton. Je pourrois vous rapporter la première en preuve de la même vérité ; mais ce seroit alors vous envoyer plutôt la traduction, que l'abrégé de cet Ouvrage immortel. J'en viens à sa seconde proposition.

La lumière du Soleil, dit-il, *est composée de rayons différemment réfrangibles.* Ce fut pour le démontrer, que le Philosophe Anglois fit l'expérience suivante. Il fit entrer un rayon du soleil, gros à peu près comme une plume à écrire, dans une cham-

bre obſcure expoſée au midi. Il fit tomber ce rayon ſur un des angles d'un priſme triangulaire de verre. Il le reçut refracté ſur un carton, & il eut une image composée de 7 couleurs rangées en cet ordre, le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet. Il s'aperçut que le rouge étoit toujours plus près, & le violet plus loin que les autres de l'endroit où le rayon ſolaire avoit coutume de ſe rendre, lorſqu'il ne le faiſoit paſſer par aucun priſme. Il s'apperçut encore que les autres couleurs étoient d'autant plus éloignées de ce même endroit, qu'elles étoient plus près du violet. Il conclut de-là que tout rayon ſolaire eſt composé de 7 rayons différemment réfrangibles, parmi leſquels le rayon rouge a le moins, le rayon violet le plus de réfrangibilité, & les autres plus ou moins, ſuivant qu'ils ſont plus ou moins près du rayon violet. C'eſt-là la troiſième expérience de l'Optique de Newton. Ne démontre-t-elle pas que *la lumière du Soleil*

est composée de rayons différemment réfrangibles ?

La lumière de cet Astre est aussi composée de rayons différemment reflexibles ; & la plus grande reflexibilité est toujours jointe à la plus grande refrangibilité. C'est là, mon cher Chevalier, la troisième proposition qu'avance Newton, & qu'il prouve par une expérience aussi frappante que les deux que je vous ai déjà rapportées. Je pris, *dit-il*, un prisme rectangulaire, dont les deux angles aigus avoient chacun 45 degrés. Je fis tomber à peu près perpendiculairement sur un des côtés de ce prisme, le rayon introduit dans la chambre obscure. Je m'apperçus qu'il sortoit de dessous la base, & qu'il alloit former une image colorée où le rouge occupoit la partie inférieure, le violet la partie supérieure, & les autres couleurs étoient rangées dans l'ordre ordinaire. Je tournai très lentement le prisme sur son axe, pour empêcher que le rayon ne sortit comme auparavant, & pour faire ensorte que ré-

fléchi par les parties ſolides de la baſe, il vint ſortir par le côté oppoſé à celui par lequel il étoit entré. Je remarquai que le rayon violet ſe réfléchiſſoit le plûtôt, le rayon rouge le plus tard, & les autres plutôt ou plus tard, ſuivant qu'ils étoient plus ou moins près du rayon violet. A meſure que je faiſois réfléchir les rayons de lumière, je les obligeois à paſſer par un ſecond priſme dont les deux plus grandes faces formoient un angle d'environ 55 degrés ; & j'eus toujours une image colorée, terminée, ſuivant la coutume, par le rouge & par le violet. Je conclus de-là que *la lumière du Soleil étoit compoſée de rayons différemment réflexibles, & que la plus grande réflexibilité étoit toujours jointe à la plus grande réfrangibilité.* C'eſt-là la neuvième expérience de l'Optique de Newton. Comme elle eſt plus compliquée que les deux autres, vous ne ſerez pas fâché, mon cher Chevalier, d'en voir la figure. FO (Fig. 1. Pl. 1), repréſente le volet de la chambre obſcure, troué au

point F. F M eſt le rayon introduit. B A C eſt le priſme rectangulaire dont l'angle A eſt de 90, & les angles B & C de 45 degrés chacun. A C eſt le côté du priſme ſur lequel le rayon F M tombe à peu près perpendiculairement. G H eſt l'image colorée, où l'on voit le rouge au point G, le violet au point H, & les autres 5 couleurs entre deux. M N eſt le rayon F M que l'on fait réfléchir par les parties ſolides de la baſe B C, & que l'on fait ſortir par le côté B A, en faiſant deſcendre peu à peu le point B vers le point Q. Le ſecond priſme dont parle Newton, c'eſt V X V; & T P, c'eſt la ſeconde image terminée par le violet P, & par le rouge T.

Juſques à préſent, mon cher Chevalier, les propoſitions de Newton ont été de ſimples théorémes. Il n'en eſt pas ainſi de la ſuivante; c'eſt un probléme dans toutes les formes; on y trouve la méthode de ſéparer les rayons hétérogénes, les uns d'avec les autres. Après avoir fait cette

ſéparation, il fait paſſer un rayon ſimple, par exemple, le rouge par un trou circulaire d'environ deux lignes de diamétre; il fait réfracter ce rayon à travers un priſme; & comme il ne change pas de couleur, il conclut que les couleurs homogénes ſont inaltérables, & que les rayons primitifs ſont colorés eſſentiellement & par eux-mêmes. C'eſt-là ce qu'il y a de plus intéreſſant dans la 12e expérience & dans la cinquième propoſition de l'Optique. Newton dans ſa ſixième propoſition démontre la vérité de ce qu'il a avancé dans ſon cinquième axiome. Il fait à peu près la même choſe dans la propoſition troiſième de la ſeconde partie de ce premier livre; auſſi attends-je d'en être venu là, pour avoir occaſion de ſuppléer à ce qui manque à ma premiere Lettre. En vous parlant de la *raiſon* qu'il y a entre le ſinus de l'angle d'incidence d'un rayon quelconque & le ſinus de ſon angle de réflexion, je n'ai fait mention que du rayon rouge; je ferai dans la ſuite paſſer

les ſix autres rayons en revûe, & j'eſpère que vous ſerez content de l'exactitude ſcrupuleuſe avec laquelle notre incomparable Phyſicien a procédé. S'il a tant inſiſté ſur la différente réfrangibilité des 7 rayons de lumière, ç'a été pour prouver que les lunettes aſtronomiques ordinaires étoient ſujettes à de très-grands inconvéniens. Juſqu'à préſent, *dit-il dans ſa ſeptième propoſition*, on les a attribués à la figure des verres dont on eſt obligé de ſe ſervir. Mais on s'eſt bien trompé. Quelque figure que vous donniez à ces verres, vous ne viendrez jamais à bout de réünir au même point les rayons hétérogénes dont la lumière eſt compoſée; vous ne vous procurerez donc jamais une image diſtincte de l'objet que vous voudrez obſerver. Sa 16e expérience en fournit une preuve bien ſenſible. Au lieu de teindre en rouge & en bleu une bande de carton, comme il avoit fait dans l'expérience que je vous ai rapportée au commencement de cette lettre, il en prit une plus longue ſur laquelle il

peignit les 7 couleurs primitives. Il plaça ſa lentille comme auparavant, & il s'apperçut que le foyer des rayons violets étoit plus près du centre de la lentille de 5 pouces $\frac{1}{3}$, que celui des rayons rouges ; le foyer des autres 5 rayons étoit plus ou moins près de ce même centre, qu'ils étoieut eux-mêmes plus ou moins près du rayon violet. Il conclut de-là que, lorſque l'objet & le foyer du verre ſe trouvent préciſément à la même diſtance, l'un d'un côté, l'autre de l'autre, la différence qu'il y a entre l'endroit où ſe réüniſſent les rayons les plus réfrangibles & celui où ſe réüniſſent ceux qui le ſont le moins, eſt à peu près la 14e partie de la longueur du foyer du verre. En effet 5 pouces & $\frac{1}{3}$ ſont à peu près la 14e partie de 6 pieds & 1 pouce. Newton ajoute que ſi l'objet eſt tellement éloigné de la lentille, que ſes rayons tombent à peu près paralléles ſur ſa ſurface, comme il arrive aux rayons du Soleil, la différence qu'il y aura entre l'endroit où ſe

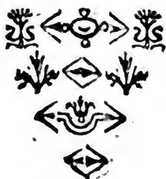
réüniront les rayons les plus réfrangibles, & celui où se réüniront ceux qui le sont le moins, ne sera que la 27e, ou la 28e partie de la longueur du foyer de la lentille. Cette étendue cependant lui a paru assez considérable, pour l'engager à avancer qu'il étoit impossible d'avoir des lunettes parfaites, lorsqu'on seroit déterminé à n'employer que des verres. C'est-là le fond de sa septième proposition.

Il nous donne dans sa huitième proposition la méthode de construire un Télescope par réflexion. Voici la description de ce fameux instrument. Au fond du grand tuyau V X V Z (Fig. 2 Pl. 1.) que l'on a eu soin de noircir très-exactement en dedans, se trouve un miroir concave A B C D de métal, ou de verre que le vif argent, dont on a couvert la partie CD, a rendu opaque; ce miroir a son foyer au point T, de même que l'oculaire plan convexe H. Une tige porte un prisme rectangulaire de verre F E G, dont l'angle E est droit, & dont les deux autres

angles ſont exactement de 45 dégrés chacun. Il eſt tellement placé, que les rayons paralléles P Q, R S, après avoir été réfléchis par la ſurface concave A B, entrent par la face F E du priſme, ſont réfléchis par ſa baſe F G, & ſortent par ſon côté G E, pour ſe réunir au point T, foyer commun du miroir & de l'oculaire. Cet inſtrument, *dit Newton*, renverſe néceſſairement les objets; mais il ſera facile de les redreſſer; on prendra pour cela un priſme rectangulaire de verre dont les côtés F E & E G ſoient convexes, au lieu d'être plans. Celui qui fut conſtruit en l'année 1672 n'avoit que deux pieds de longueur, & il faiſoit l'effet d'une lunette de 8 à 10 pieds.

Je comprens, mon cher Chevalier, que la deſcription que je viens de vous faire du Téleſcope de Newton, a dû vous dérouter. Vous en avez un excellent dont la conſtruction eſt un peu différente. Il repréſente les objets dans leur ſituation ordinaire. Le grand miroir du fond eſt troué

au milieu, pour recevoir un petit tuyau qui contient deux oculaires, l'un plan convexe, & l'autre convexo-convexe. Vers l'ouverture du Télescope, une tige porte, non un prisme de verre, mais un petit miroir concave de métal, opposé au trou du grand miroir, dont le diamétre est un peu plus grand que celui de ce Trou. C'est bien là dans le fond le Télescope de Newton; mais Grégory a cru le rendre & l'a rendu en effet beaucoup plus commode, en y faisant ces corrections. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'ai trouvé de plus remarquable dans la première partie du livre premier de l'Optique de Newton. Je ne tarderai pas à vous envoyer l'abrégé de la seconde partie du même livre. Je suis &c.



LETTRE TROISIÉME

Défaut qui ſe trouve dans l'arrangement des trois premières propoſitions de la ſeconde partie du livre premier de l'Optique de Newton. Abrégé de ce que contiennent ces trois propoſitions & les ſuivantes qui compoſent cette ſeconde partie. Explication détaillée de l'arc-en-ciel.

IL me paroit, mon cher Chevalier, que Newton auroit dû être ſatisfait de la manière dont il avoit prouvé, dans la première partie du livre premier de ſon Optique, que les 7 rayons primitifs n'étoient différemment colorés, que parce qu'ils étoient différemment réfrangibles & différemment réflexibles. Il faut cependant qu'il ait eu quelque ſcrupule là-deſſus; puiſque les trois premières propoſitions de la ſeconde partie de ce même livre, roulent ſur la même matière. Il avance dans la première, que les phénomènes que nous préſente la lu-

mière réfractée, ou réfléchie ne peuvent s'expliquer que par des rayons colorés par eux-mêmes. Il appporte dans la seconde quelques nouvelles expériences qui prouvent aussi démonstrativement que les précédentes, que rien au monde ne peut ôter à un rayon primitif sa couleur homogéne. La plus frappante est la sixième. Elle consiste à faire tomber un rayon simple, par exemple, le rayon rouge sur des corps de différente couleur, tels que sont des morceaux de drap rouge, verd, jaune, blanc, noir &c.; & comme l'on s'apperçoit que ce rayon teint en rouge tous les corps sur lesquels il tombe, avec cette seule différence que le premier drap paroit d'un rouge beaucoup plus brillant que les autres, l'on est obligé de conclure avec Newton, que la lumière ne doit pas ses différentes couleurs aux différentes manières dont elle est réfléchie, & que, si elle étoit homogéne, tous les objets seroient à peu près de la même couleur. Dans sa troisième proposition, le Physicien Anglois dé-

termine avec l'exactitude la plus scrupuleuse la différente réfrangibilité de chaque rayon primitif. Il résulte de ses recherches que, lorsque la lumière passe du verre dans l'air, le Sinus d'incidence du rayon rouge : au sinus de réfraction du même rayon :: 50 : 77. Les sinus de réfraction des six autres rayons primitifs, dont l'angle d'incidence est supposé le même que celui du rayon rouge, sont représentés par les nombres $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78 : nouvelle preuve que le rayon rouge est le moins réfrangible ; que le rayon violet l'est le plus ; & que les 5 autres le sont plus ou moins, selon qu'ils sont plus ou moins près du rayon violet. C'est-là, mon cher Chevalier, une vérité que je ne pourrois trop vous inculquer ; vous ne sçaurez l'Optique de Newton, que lorsque vous en aurez pénétré le sens. Ces trois premières propositions auroient pû, j'ai presque dit, auroient dû entrer dans la première partie du livre premier. Il n'en est pas ainsi des suivantes. Newton exa-

mine dans la quatrième & dans la cinquième les couleurs qui résultent du mélange des rayons primitifs. Il a trouvé que le mélange du rayon rouge & du rayon jaune donnoient l'orangé, mais un orangé, ajoute-t-il, bien différent du primitif, puisque le prisme ne peut rien sur celui-ci, & qu'il décompose très-facilement celui-là en ses couleurs élémentaires. Il en est de même de l'espèce de verd que donne le mélange des rayons jaune, verd & bleu. Pour le blanc, c'est la plus composée des couleurs; on ne l'a, qu'en réünissant au foyer d'une très-bonne lentille les 7 couleur primitives que le prisme avoit manifestées. La dixième expérience le prouve de la manière la plus sensible. Je n'ai rien trouvé dans la sixième & la septième propositions qui méritat de vous être rapporté. Ce que je remarque dans la huitième proposition, ou plutôt dans l'explication de la huitième proposition, c'est qu'une bande noire qui entoure un corps blanc, paroit colorée, lorsqu'on la regar-

de à travers le prisme; il en est de même d'un corps noir entouré d'une bande blanche; l'on voit sur ce corps différentes couleurs, lorsqu'on se sert du prisme pour le considérer. Mais enfin ces couleurs ne sçauroient venir du noir qui ne refléchit presque aucun rayon de lumière; il faut donc les attribuer dans le premier cas aux rayons réfléchis par le corps blanc, & dans le second aux rayons réfléchis par la bande blanche.

La neuvième & la dixième propositions me paroissent les plus importantes de toutes. Dans celle-là Newton explique les couleurs de l'arc-en ciel, & dans celle-ci les couleurs des objets. Il avoue sans peine qu'aucune des couleurs primitives ne se trouve, & ne sçauroit se trouver dans les objets colorés. Nos corps rouges sont des corps qui, après avoir décomposé la lumière du soleil, absorbent dans leurs pores la plupart des rayons non rouges, & réfléchissent très-abondamment à nos yeux le moins réfrangible & le moins réflexi-

ble des 7 rayons. Il en eſt de même des objets que nous appellons jaunes, verds, bleus, violets, &c. Les couleurs ſecondaires & compoſées ne lui paroiſſent pas plus difficiles à expliquer que les ſimples & les primitives. Un objet réfléchit-il en même tems le rayon rouge & le rayon jaune? Sa couleur tirera ſur l'orangé. Elle tireroit ſur le verd, s'il réfléchiſſoit les rayons jaune, verd & bleu, & qu'il abſorbat tous les autres. Mais pourquoi, *me direz-vous*, tel corps réfléchit-il tel rayon, & abſorbe-t-il tel autre? Vous ne ferez pas tenté de me faire une pareille queſtion, lorſque vous aurez examiné les preuves ſur leſquelles nous avançons, que les rayons primitifs ne ſont différemment réfrangibles & différemment réflexibles, que parce qu'ils ſont différens en maſſe & en figure. Mais ne prévenons pas le tems; & puiſque nous avons réſolu de ſuivre Newton pas à pas, attendons, pour le dire, que nous ſoyons arrivés à l'endroit de l'Optique, où ce point de Phyſique eſt expliqué le mieux du

monde. Contentons-nous à préſent de rendre raiſon d'un effet que ce Phyſicien n'a pas regardé comme indigne de ſon attention. Il s'apperçut qu'une feuille d'or très mince lui paroiſſoit verte, lorſqu'il la plaçoit entre le ſoleil & ſes yeux, & qu'elle lui paroiſſoit jaune, lorſqu'il plaçoit ſes yeux entre le ſoleil & elle. Il penſa que cette feuille avoit des pores droits qui laiſſoient paſſer les rayons verds, des parties ſolides qui réfléchiſſoient principalement les rayons jaunes, & des pores obliques qui abſorboient les 5 autres rayons. Il conclut de-là que cette feuille vûë par des rayons réfléchis devoit paroître jaune; & qu'elle devoit paroitre verte, lorſqu'on la voyoit par des rayons réfractés. Les verres colorés ſont à peu près dans le même goût. Ce ſont des corps à demi-diaphanes dont les pores obliques abſorbent les rayons qui ne ſont pas de la couleur du verre; les pores droits laiſſent paſſer principalement, & les parties ſolides réfléchiſſent principalement les rayons qui ſont de la cou-

leur du verre dont il s'agit. Un verre verd, *par exemple*, a donc des pores obliques propres à abſorber les rayons non verds, des pores droits qui laiſſent paſſer principalement les rayons verds qui ſe préſentent à leur ouverture, & des parties ſolides qui renvoient tous les rayons qu'elles reçoivent ; & comme elles reçoivent principalement des rayons verds, puiſque les autres ont été abſorbés dans des pores obliques, le verre verd doit non-ſeulement faire paroitre les objets verds, mais il doit encore le paroitre lui-même. Tout cela n'eſt pas difficile à comprendre. Il n'en eſt pas ainſi de l'arc-en-ciel. c'eſt un point de Phyſique aſſez difficile à expliquer. Je tâcherai cependant de vous rendre clairement ce qu'en a dit Newton, d'après M. de Dominis & Deſcartes, dans ſa neuvième propoſition.

Je vous prie d'abord de remarquer, mon cher Chevalier, que les couleurs de l'arc-en-ciel ſuppoſent évidemment des gouttes d'eau répandues ſur certains nuages

oppoſés au ſoleil. Ces goutes d'eau décompoſent les rayons ſolaires à peu près comme le font nos priſmes ordinaires de verre ; elles doivent donc nous manifeſter, à peu près comme eux, les 7 couleurs primitives. Je ne crois pas qu'un homme raiſonnable puiſſe douter de ce fait. Nous ne voyons l'arc-en-ciel qu'après la pluie, ou que dans un tems humide. Les rayons ſolaires tombant obliquement ſur une prairie couverte de roſée, y produiſent ſouvent des arcs colorés, ſemblables à ceux que nous voyons ſur les nuës. Nous appercevons ſouvent les couleurs de l'Iris, lorſque le vent agite un jet d'eau éclairé par le ſoleil, & qu'il diviſe ſes parties en petite pluie. Tous ceux qui regardent le jet d'eau n'apperçoivent pas ce phénoméne ; il n'eſt que ceux qui le regardent, le dos tourné au ſoleil, & qui reçoivent les rayons réfractés ſous certains angles. Mais quels ſont ces angles ? Newton pour les determiner, fit l'expérience ſuivante. Il expoſa au ſoleil une boule de verre creuſe, remplie d'une

eau très-claire. Il se plaça entre la boule & cet astre auquel il tournoit le dos. Il s'apperçut qu'il avoit deux moyens de voir la couleur violéte ; le premier étoit de recevoir dans l'œil O, (Fig.3 Pl.1) le rayon réfracté O E, de telle sorte qu'il fit avec l'axe de vision O P un angle E O P de 40 dégrés, 17 minutes ; le second étoit de recevoir un semblable rayon O H sous un angle H O P de 54 degrés, 7 minutes. Il s'apperçut encore qu'en faisant monter lentement le globe du point E au point F, il voyoit successivement les 7 couleurs primitives, & que la dernière, c'est-à-dire, le rouge disparoissoit, lorsque le rayon réfracté ne venoit pas à son œil précisément sous l'angle de 42 dégrés, 2 minutes. Il s'apperçut enfin qu'en faisant descendre lentement le globe du point H au point G, il voyoit encore successivement les 7 couleurs primitives, dont la dernière, c'est-à-dire, le rouge disparoissoit, lorsque le rayon réfracté ne se rendoit pas à son œil précisément sous l'angle de 50 dégrés, 57

minutes. Il conclut de-là qu'un certain nombre de goutes d'eau placèes les unes ſous les autres, nous manifeſtent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel intérieur ; ce ſont celles qui, après avoir décompoſé la lumière ſolaire en 7 rayons, nous les réfléchiſſent ſous 7 angles, dont le plus petit eſt de 40 dégrés, 17 minutes, & le plus grand de 42 dégrés, 2 minutes. Il conclut encore qu'un pareil nombre de goutes d'eau rangées les unes ſous les autres, nous donnent les 7 couleurs de l'arc-en-ciel extérieur; ce ſont celles qui, après avoir décompoſé la lumière ſolaire en 7 rayons, nous les réfléchiſſent ſous 7 angles dont le plus petit eſt de 50 dégrés, 57 minutes, & le plus grand de 54 dégrés, 7 minutes.

Quelque phyſique qúe ſoit cette explication, je prévois, mon cher Chevalier, que vous aurez cent queſtions à me faire. Vous me demanderez d'abord pourquoi dans l'arc-en-ciel intérieur le violet paroit ſous le plus petit, & dans l'arc-en-ciel extérieur ſous le plus grand des angles; ou,

ce qui revient au même, vous me demanderez pourquoi dans l'arc intérieur le violet occupe la place inférieure, tandis qu'il occupe la place ſupérieure dans l'arc extérieur.

Pour ſatisfaire pleinement à cette queſtion, je vous prierai de jetter les yeux ſur la *figure 3 de la plan.* 1. Je vous ferai remarquer que dans l'arc-en-ciel intérieur la lumière entre dans les goutes d'eau par leur partie ſupérieure, & que dans l'arc-en-ciel extérieur elle y entre par leur partie inferieure. Le rayon violet, comme le plus réfrangible de tous, doit donc s'écarter plus que les autres de la ligne d'incidence; il doit donc occuper la partie inférieure dans l'arc intérieur, & la partie ſupérieure dans l'arc extérieur; il doit donc paroitre dans celui-là ſous le plus petit, & dans celui-ci ſous le plus grand des angles. Par une raiſon contraire, le rouge doit ocuper la partie ſupérieure dans l'arc intérieur, & la partie inférieure dans l'arc extérieur.

L'inſpection

L'inſpection de la même figure vous apprendra pourquoi les couleurs ſont toujours plus vives dans l'arc intérieur, que dans l'arc extérieur. Dans celui-ci la lumière ſouffre deux réflexions, tandis qu'elle n'en ſouffre qu'une dans celui-là.

Vous me demanderez encore pourquoi l'iris nous paroit en forme d'arc. Je vous répondrai que ſi nous étions plus élevés ſur l'horizon que nous ne le ſommes, nous verrions, non pas un arc, mais un cercle coloré ; parce que notre œil ſe trouve au ſommet d'un cone tranſparent qui a pour baſe les nuages ſur leſquels les rayons ſolaires vont ſe réfracter. Peut-être eſt-il plus d'un oiſeau de proye qui voie le cercle coloré dont je viens de vous parler.

Vous me demanderez enfin pourquoi nous voyons quelquefois l'arc-en-ciel renverſé. Je vous répondrai, non pas avec Newton, mais avec Deſcartes, que ces eſpèces d'arcs ſont produits par la lumière du ſoleil qui ne vient aux nuages qu'après

avoir été réfléchie par quelque lac, quelque grand fleuve, & plus communément par les eaux de la mer. Voilà ce qu'un homme comme vous ne ſçauroit guères ſe diſpenſer de ſçavoir ſur l'arc-en-ciel. J'ai moins cherché à vous l'apprendre, qu'à vous rappeller ce que l'on vous avoit appris autrefois, au moins pour le fond, dans votre jeuneſſe. Je ſuis &c.

LETTRE QUATRIÉME.

Idée générale du ſecond livre de l'Optique de Newton. Abrégé de la première & ſeconde Parties de ce livre. Réflexions critiques ſur ces deux Parties.

EN vous rendant compte du ſecond livre de l'Optique de Newton, je n'aurai que trop ſouvent occaſion, mon cher Chevalier, de vous faire remarquer que les plus grands hommes ſont expoſés à faire des romans en Phyſique, lorſqu'ils ne ſont pas aſſez en garde contre les écarts de leur imagi-

nation. Ce ſecond livre eſt diviſé en quatre parties. La première contient 24 obſervations faites avec tout le ſoin, toute la patience, toute la délicateſſe & tout le ſuccès poſſible. Voici les principales. Newton prit deux verres objectifs (1), l'un plan-convexe appartenant à une lunette de 14 pieds, & l'autre convexo-convexe appartenant à une lunette de 50 pieds de longueur. Il preſſa la convexité de celui-ci ſur le plan de celui-là, de telle ſorte qu'il pouvoit voir ce qui ſe paſſoit entre deux; & il s'apperçut de ce qui ſuit.

1°. Lorſqu'il poſoit ces deux verres ainſi joints ſur quelque choſe d'obſcur, il voyoit au point de contact une tache noire entourée de pluſieurs anneaux diverſement colorés. L'ordre des couleurs, à commencer par la tache noire, étoit tel : *bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, pourpre, bleu, verd, jaune, rouge, verd, rouge, bleu tirant ſur le verd, rouge.*

(1) Obſervation 4.

2°. Comme ces anneaux colorés étoient ſéparés par des anneaux noirs, il voulut meſurer les diamétres des uns & des autres. Il trouva (1) que les quarrés des diamétres de 6 premiers cercles colorés gardoient la progreſſion arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, tandiſque les quarrés des diamétres des 6 premiers anneaux noirs gardoient la progreſſion arithmétique des nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, 12.

3°. Newton ne s'eſt pas contenté d'aſſurer que les anneaux colorés & le anne aux obſcurs augmentoient en épaiſſeur, à meſure qu'ils s'éloignoient de la tache noire. Il a plus fait. Il a cherché leur épaiſſeur abſolue (2), & il prétend avoir trouvé que les fractions $\frac{1}{178000}$, $\frac{3}{178000}$, $\frac{5}{178000}$, $\frac{7}{178000}$, $\frac{9}{178000}$, $\frac{11}{178000}$ parties d'un pouce marquent les épaiſſeurs des 6 premiers cercles colorés & que les fractions $\frac{2}{178000}$,

(1) Obſervation 5.
(2) Obſervation 6.

$\frac{4}{178000}$, $\frac{6}{178000}$, $\frac{8}{178000}$, $\frac{10}{178000}$, $\frac{12}{178000}$ parties d'un pouce marquent celles des 6 premiers cercles obſcurs. Si ce calcul eſt exact, j'avoue que Newton eſt le premier obſervateur que le monde ait produit ; peut-être ne produira-t'il jamais ſon ſemblable.

4°. Lorſque notre Phyſicien tenoit en main les deux *objectifs* en queſtion, & qu'il les plaçoit de manière à recevoir la lumière qui les traverſoit, il voyoit, au lieu d'une tache noire au point de contact, (1) un eſpace circulaire d'une très grande clarté, & des anneaux colorés en cet ordre : *rouge tirant ſur le jaune, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, verd, jaune, rouge, verd tirant ſur le bleu, rouge, verd tirant ſur le bleu, rouge*. Il s'apperçut encore que les anneaux auparavant noirs devenoient lumineux, lorſqu'il recevoit les rayons ſolaires à travers les deux *objectifs* preſſés l'un contre l'autre.

5°. Lorſque dans la chambre obſcure

(1) Obſervation 9.

il faisoit tomber sur ses *objectifs* un rayon homogéne, par exemple, le rayon rouge, il voyoit rouges tous les anneaux qu'il avoit vûs auparavant de différente couleur. S'il faisoit passer le rayon rouge à travers ses *objectifs*, & qu'il le reçut ensuite sur un papier blanc, chaque anneau auparavant rouge lui donnoit sur la feuille de papier un anneau noir, & chaque anneau auparavant noir lui en donnoit un rouge (1).

6°. Les boules de savon que les enfans ont coutume de soufler, lui présenterent à peu près les mêmes phénoménes que les deux *objectifs*. Lorsqu'après avoir eu soin de mettre derrière ces boules quelque chose d'obscur, il recevoit la lumière qu'elles réfléchissoient, il voyoit des anneaux colorés en cet ordre, à commencer par la partie supérieure de la boule, c'est-à-dire, par la partie la plus mince : *rouge*, *bleu*, *rouge*, *bleu*, *rouge*, *bleu*, *rouge*, *verd*, *rouge*, *jaune*, *verd*, *bleu*, *pourpre*, *rouge*,

(1) Observation 15.

jaune, *verd*, *bleu*, *violet*, *rouge*, *jaune*, *blanc*, *bleu*, *noir.* (1) Lorſqu'il ne voyoit ces boules, qu'en recevant la lumière qui les traverſoit, il avoit à peu près le même nombre d'anneaux colorés; mais les couleurs étoient rangées dans un ordre différent. La lumière réfractée faiſoit, par exemple, paroître rouges les anneaux que la lumière réfléchie avoit fait auparavant paroître bleus. (2)

7°. Newton reprit encore ſes deux *objectifs*. Il les regarda à travers un priſme ordinaire de verre; & il compta plus de cent anneaux colorés; il ne les compta pas tous, parce qu'il crut que le nombre en étoit innombrable (3). Voilà, mon cher Chevalier, ce qu'il y a de plus intéreſſant & de plus curieux dans les 24 Obſervations qui forment la première partie du livre ſecond de l'Optique de Newton. Elles donnerent occaſion à ce Phyſicien de faire les réfle-

(1) Obſervation 17 & 18.
(2) Obſervation 20.
(3) Obſervation 24.

xions ſuivantes ; & ces réflexions forment la ſeconde partie de ce même livre.

Je ne crois pas *dit-il*, que tous ces phénoménes arrivaſſent, ſi chaque rayon de lumière n'avoit pas un degré déterminé de réfrangibilité & de réflexibilité ; ſi en particulier, le rayon violet n'étoit pas le plus réfrangible & le plus réflexible, le rayon rouge le moins réfrangible & le moins réflexible de tous les rayons, & ſi les 5 autres n'étoient pas plus ou moins réfrangibles & réflexibles, ſelon qu'ils ſont plus ou moins près du rayon violet.

Je ne le crois pas auſſi. Mais cependant je vous avouerai, mon cher Chevalier, avec la franchiſe que vous me connoiſſez, que ſi tout ce qui regarde la réfrangibilité & la réflexibilité des rayons ſolaires ne m'étoit pas démontré d'ailleurs, les obſervations de Newton ne m'auroient donné là-deſſus aucune lumière. Je ne vois ici aucun ordre gardé dans l'arrangement des couleurs ; je n'y vois qu'un air, apparemment très-hétérogéne, dont les différentes lames ont des

effets très-analogues à ceux de la feuille d'or de ma dernière lettre.

La 15e Observation que je vous ai rapportée (*num.* 5.) a donné occasion à Newton de nous faire remarquer que, si les rayons simples n'avoient pas chacun une couleur inaltérable & invariable, le rayon rouge n'auroit pas donné sa couleur à des anneaux qui paroissoient diversement colorés, lorsqu'ils recevoient la lumière, telle qu'elle nous vient du soleil. Cette réfléxion est sage, & je ne vois pas qu'on puisse se dispenser d'y souscrire.

Enfin Newton prétend avoir tiré de ses observations une véritable analogie entre les couleurs & les tons de la musique. Je ne sçais pas ce que j'en penserois, si j'étois musicien; mais je sçais bien que je suis charmé de ne l'être pas; par-là je ne suis pas exposé à faire des conjectures que j'appelle *ingénieuses*, parce qu'elles nous viennent d'un des plus grands hommes que le monde ait produit; mais que j'appelleroi *romanesques*, si elles ne nous ve-

noient pas d'un aussi grand Physicien que lui. Ce furent apparemment ces conjectures qui donnerent, il y a quelques années, au P. Castel Jésuite l'idée d'un clavessin oculaire qui devoit faire paroître successivement des couleurs harmoniques, comme nos clavessins nous font entendre des sons. *On ne peut*, dit Monsieur de Voltaire (1), *que remercier un homme qui cherche a donner aux autres de nouveaux arts, & de nouveaux plaisirs. Il y a eu des païs où le Public l'auroit récompensé. Il est à souhaiter sans doute que cette invention ne soit pas, comme tant d'autres, un effort ingénieux & inutile.* *Ce passage rapide de plusieurs couleurs devant les yeux semble peut-être devoir étonner, éblouir, & fatiguer la vûe; nos yeux veulent peut-être du repos, pour jouir de l'agrément des couleurs. Ce n'est pas assez de nous proposer un plaisir; il faut que la Nature nous ait rendus capables de recevoir ce plaisir; c'est à*

(1) Élémens de la Philosophie de Newton, pag. 284.

l'expérience seule à justifier cette invention. En attendant il me paroit que tout esprit équitable ne peut que louer l'effort & le génie de celui qui cherche à aggrandir la carrière des arts & de la Nature. Je veux cependant vous faire remarquer, avant que de finir cette lettre, mon cher Chevalier, que l'analogie que Newton a imaginée entre les couleurs & les tons de la musique, n'est pas ce qu'il y a de plus hazardé dans le second livre de son Optique. Je n'aurai que trop souvent occasion dans les lettres suivantes de vous présenter de sa part des fictions, au lieu d'explications physiques. Je suis, &c.



LETTRE CINQUIÉME.

Sentiment de Newton sur la cause de la réflexion de la lumière & des couleurs des corps. Critique de ce sentiment. Causes physiques de la transparence & de l'opacité des corps. Propagation de la lumière.

UN des défauts de l'Optique de Newton, (car cet ouvrage, quelque beau, quelque estimé qu'il soit, en a quelques uns), c'est de ressasser la même matière, ou dans différens livres, ou dans différentes parties du même livre. Par exemple, mon cher Chevalier, dans la troisième partie de ce second livre, Newton revient encore sut les couleurs des objets. Jusqu'à présent il avoit paru nous dire que les corps n'avoient telle & telle couleur, que parce que leurs parties solides réfléchissoient telle & telle espèce de rayons, & que leurs pores absorboient ou laissoient passer telle ou telle autre. Tout

cela portoit dans mon esprit les idées les plus claires & les plus lumineuses. Je concevois sans peine que des globules différens en masse & en figure ne pouvoient pas être absorbés par les mêmes pores. Je concevois encore plus clairement que ces globules de lumière, doués du ressort le plus parfait, ne pouvoient guères tomber sur des parties solides, sans être réfléchis. Vous vous trompiez, *me répond Newton*; tout rayon de lumière qui touche un corps solide, est absorbé ou transmis (1). La raison qu'il en apporte, c'est qu'il n'existe aucun corps qni n'ait des pores sans nombre. L'or, *par exemple, dit-il*, qui vous paroit si dense, si compacte, a cependant plus de pores que de parties solides; puisque la matière magnétique le traverse sans peine; que l'eau régale le dissout, &c. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'appelle en bon françois une très mauvaise raison. Car enfin tout pore suppose des parois. Toute parois suppose des parties so-

(1) Prop. VIII. Part. 3. liv. 2.

lides. Toute partie ſolide eſt impénétrable. Donc, ou il faut dire que la lumière n'eſt pas un corps, ou il faut aſſurer que tout rayon qui tombe ſur les parties ſolides de quelque objet que ce ſoit, eſt réfléchi; à moins que l'on n'ajoute que toute partie ſolide de quelque objet que ce ſoit, eſt d'une molleſſe incompréhenſible. Mais dire que la lumière n'eſt pas un corps, c'eſt-là la plus grande des folies; ce n'en ſeroit pas une moins grande, d'aſſurer que les parties ſolides du marbre, du métal, de l'ivoire & de cent autres corps de cette eſpèce ſont dénuées de tout reſſort à cauſe d'une molleſſe incomparablement plus grande que celle de la cire, de la bouë, &c.; donc l'on ne peut pas ſoutenir que tout rayon de lumière qui touche un corps ſolide, ſoit abſorbé ou tranſmis. D'ailleurs les couleurs des objets ne nous ſont manifeſtées que par la réflexion de la lumière. Newton en convient en cent endroits de ſon Optique. Je lui demanderois donc volontiers de m'aſſigner ce qui réfléchit à mes

yeux avec tant d'abondance ces rayons rouges qui me donnent la couleur de l'écarlate, ces rayons jaunes d'où dépend celle de l'or, ces rayons verds qui me font voir des prairies si agréables, ces rayons bleus qui peignent le fond du firmament, ces rayons violets qui ont donné leur nom à une des plus agréables fleurs de nos campagnes.

Tous ces rayons, *me répond Newton* (1), ont été réfléchis, avant que d'arriver à la surface des corps dont vous venez de faire l'énumération ; & cette réflexion, ils la doivent à un pouvoir, à une force répandue dans toute leur surface. *Atque hæc quidem quæstio non videtur aliter expediri posse, quam si dicamus radii cujusvis reflexionem effici, non utique ab uno corporis reflectentis puncto, sed vi aliquâ per totam corporis superficiem diffusâ.* Lorsqu'on ose en Physique apporter une pareille réponse, on ne mérite que trop d'être accusé de faire

(1) Prop. VIII. Part. 3. liv. 2.

revivre les qualités occultes de l'ancienne École.

Mais enfin sur quelles raisons se fonde Newton pour avancer un tel paradoxe ? Vous jugerez des autres par celle-ci ; c'est sans contredit la meilleure de toutes celles qu'il apporte dans la proposition que je vous ai déja citée deux fois. Les surfaces qui nous paroissent les plus unies, sont hérissées dans la réalité d'une infinité d'éminences & d'aspérités qui les rendent incapables de réflexion. Ces éminences & ces aspérités sont des montagnes & des cavités énormes vis-à-vis un corps aussi délié que la lumière. Elle se réfléchit cependant dans ces occasions d'une manière très-exacte & très-régulière, c'est-à-dire, en faisant un angle de réflexion exactement égal à celui d'incidence. Se réfléchiroit-elle de la sorte, si les surfaces des corps y avoient la moindre partie ; & seroit-il possible que le miroir le plus poli nous procurât l'avantage de voir notre véritable image, si ses parties solides renvoyoient à nos yeux

les rayons qui ſont parvenus juſqu'à elles? Non ſans doute; ces rayons ſont abſorbés dans les pores du miroir; & ceux qui nous portent notre image avec tant de fidélité, ſont renvoyés auparavant par une force d'une toute autre nature. Voilà, mon cher Chevalier, le grand argument de Newton. Je vous avoue que je n'en ſuis pas effrayé, & qu'il ne me paroit pas aſſez fort pour m'engager à reconnoître dans la matière une qualité réflexive dont la ſphére d'activité s'étende au-delà des corps où l'on ſuppoſe qu'elle a fixé ſa demeure. Peſez, s'il vous plait, les raiſons que je vais apporter. La lumière, *dit Newton*, tombant ſur nos miroirs, fait un angle de réflexion égal à celui d'incidence. J'en conviens. Mais cette égalité n'eſt pas géométrique; elle n'eſt que ſenſible. Or entre l'égalité géométrique & l'égalité ſenſible il y a une diſtance infinie; & s'il faut une ſurface réellement unie pour donner la première, il ne faudra qu'une ſurface ſenſiblement unie pour occaſionner la ſeconde.

Nos miroirs, *ajoute Newton*, nous font voir notre image. Je le ſçais. Mais eſt-ce là notre véritable image ? Et n'en eſt-il pas de nos miroirs, comme de nos yeux qui ne nous font appercevoir que ce qu'il y a de plus groſſier dans les objets. Regardez, pour vous en convaincre, le même objet, d'abord dans un miroir, & enſuite à travers un bon microſcope ; vous conviendrez que j'ai raiſon de ſuſpecter la fidélité de nos meilleures glaces.

Enfin ſi Newton aſſure que les rayons de lumière ſont réfléchis, avant que de toucher la ſurface des corps ; il faut qu'il ajoute qu'ils ſont décompoſés dans le même endroit par ce pouvoir & cette force qu'il reconnoit dans la matière. Vous en voyez la raiſon, mon cher Chevalier ; un corps dans ſon ſyſtéme n'a telle ou telle couleur, que parce qu'à ſon approche telle ou telle eſpèce de rayons eſt réfléchie avec abondance, & telle ou telle autre eſpèce eſt abſorbée ou tranſmiſe par le corps ſur la ſurface duquel elle parvient. Donc le

pouvoir que Newton reconnoit dans la matière, non-ſeulement réfléchit, mais encore décompoſe les faiſceaux de lumière qui nous viennent du Soleil. Voilà un pouvoir bien ſingulier. Dénué de connoiſſance, il ſçait néanmoins qu'à l'approche du corps rouge, il doit défendre aux rayons les moins réfrangibles de continuer leur route, tandis qu'il doit appeller, pour ainſi dire, les ſix autres rayons pour les faire abſorber ou tranſmettre, ſuivant que le corps eſt opaque ou diaphane. La même choſe arrive à l'approche des corps jaune, verd, violet, &c. Je vous le répéte, mon cher Chevalier, je ne mets aucune différence entre pareilles explications, & celles que nous donnoient autrefois les défenſeurs des qualités occultes.

Il faut avouer que les grands-Hommes ſont d'un moment à l'autre bien différens d'eux-mêmes. Ce fut après nous avoir dit des choſes admirables ſur la cauſe phyſique de la tranſparence & de l'opacité des corps, que Newton nous débita ſes conjectures fa-

buleuſes ſur les couleurs des objets. Je ne veux, pour vous en convaincre, que vous faire l'abrégé de la ſeconde, troiſième & quatrième Propoſition de cette troiſième Partie de ſon ſecond livre. Il aſſure dans la ſeconde Propoſition que les différenes lames, ou plutôt les différentes ſurfaces dont les corps les plus opaques ſont compoſés, ſont naturellement tranſparentes ; & il prouve ſon aſſertion par l'expérience la plus frappante. Préſentez, *dit-il*, au trou d'une chambre obſcure une tablette mince de bois, de talc, d'alun, d'albatre, d'ivoire, &c. la chambre ſera très-éclairée. Donc la lumière traverſe ſans peine toutes ces eſpèces de lames ; elles ſont donc toutes naturellement tranſparentes. Sa quatrième Propoſition contient des preuves plus détaillées, mais non pas plus évidentes de la même vérité. Il avance enfin dans la Propoſition troiſième que les corps ne ſont opaques, que parce qu'ils ont leurs pores, ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins denſe qu'eux. En effet, *dit-il*, imbibez un corps

d'une matière aussi dense, ou à peu près aussi dense que lui; d'opaque qu'il étoit, vous le rendrez infailliblement transparent; témoin le papier, à travers lequel on ne voyoit presque rien, lorsqu'il avoit ses pores remplis d'air, & que la lumière traverse si facilement, lorsqu'il a ces mêmes pores remplis d'eau ou d'huile: témoins encore l'eau & l'huile elles-mêmes; ces deux fluides, pris chacun en particulier, sont transparens; mêlés ensemble, ils deviennent opaques: témoin enfin le verre lui-même; mis en poussière, & par conséquent tout pénétré de bulles d'air, il devient aussi opaque, pour ne pas dire plus opaque que le métal. Concluons avec Newton que les corps transparens sont composés de couches homogénes; sont percés de pores droits, nombreux & disposés en tout sens; & qu'il n'y a dans l'intérieur de ces corps aucun intervalle qui sépare les couches les unes d'avec les autres, ou bien que ces intervalles sont remplis d'un fluide aussi dense que les couches elles-mêmes. Concluons encore

que les couches qui composent les corps opaques sont très-hétérogénes, & que les intervalles qui séparent ces couches sont ou vuides, ou remplis d'un fluide plus ou moins dense qu'elles. Voilà, mon cher Chevalier, ce que j'appelle expliquer les choses d'une manière claire, palpable & physique. Ce que dit Newton dans la Proposition onzième est à peu près dans le même gout. Il démontre dans toutes les formes que la lumière employe 7 à 8 minutes à parcourir l'espace qui se trouve entre le Soleil & la Terre. Mais comme cette démonstration me paroit ici un hors d'œuvre, je la réserve pour un autre occasion. Vous voyez que mon attachement pour Newton ne m'empêche pas d'appercevoir les défauts qu'il y a dans ses ouvrages, & de les relever avec assez de liberté. Je tiendrai la même conduite non seulement dans la lettre suivante, mais encore dans les différens comptes que je vous rendrai de ses autres ouvrages. L'impartialité sera ma devise. Je suis, &c.

LETTRE SIXIÉME.

Abrégé de la quatrième partie du ſecond livre de l'Optique de Nevvton. Explication phyſique des halo.

LA quatrième & la dernière partie du ſecond livre de l'Optique de Newton eſt à peu près, mon cher Chevalier, dans le goût de la première. Elle contient 13 obſervations qui dans le fond ne ménent à rien ; mais qui ſuppoſent dans un homme qui a pu ſe déterminer à les faire, non-ſeulement des yeux de linx, mais encore toute la patience & toute la dextérité poſſibles. Comme je n'ai que la ſeconde de ces trois qualités, vous comprenez que je n'ai pas été tenté de les répéter. Voici la premiére de ces obſervations. Newton fit entrer dans la chambre obſcure par un trou d'un tiers de pouce de diamétre, un rayon ſolaire qu'il fit tomber perpendiculairement ſur un miroir conca-

ve de verre tiré d'une ſphére de 5 pieds, 11 pouces de rayon. Ce faiſceau de lumière n'arrivoit au miroir, qu'après avoir paſſé par un ſecond trou pratiqué au milieu d'un carton blanc ; & comme ce carton étoit directement oppoſé au miroir d'où il étoit éloigné de 5 pieds, 11 pouces, le faiſceau étoit réfléchi par la ſurface concave de verre, au dernier des deux trous qu'il avoit traverſé. Newton remarqua qu'il ſe formoit ſur le carton des anneaux lumineux, à peu près ſemblables à ceux dont je vous ai parlé dans ma quatrième lettre. Ils avoient tous pour centre le centre du trou du carton ; & ils n'étoient jamais plus beaux, que lorſque le carton étoit auſſi éloigné de la fenétre, que du miroir, c'eſt-à-dire, à environ 6 pieds de l'une & de l'autre.

Notre obſervateur ne s'arrêta pas en ſi beau chemin. Il meſura les diamétres des quatre premiers anneaux intérieurs ; & il les trouva de 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 pouces $\frac{3}{8}$, 2 pouecs $\frac{11}{12}$, 3 pouces $\frac{3}{8}$. Il ne manqua pas

de nous faire remarquer que les quarrés de ces 4 nombres gardent la progreſſion arithmétique des nombres 1, 2, 3 & 4. (*).

Comme un miroir de métal, poli avec l'exactitude la plus ſcrupuleuſe, ne donnoit ſur le carton blanc aucun anneau coloré (1), Newton auroit dû conclure que le verre, moins poli que le métal, décompoſoit la lumière ſolaire, & que cette décompoſition devoit être regardée comme la véritable cauſe des couleurs des anneaux. Point du tout. Il tenta d'expliquer ce phénoméne par les principes romaneſques dont je vous ai rendu compte au commencement de la lettre précédente. Il dit même là deſſus des choſes ſi incompréhenſibles, que je ne pourrois jamais m'imaginer qu'elles fuſſent d'un auſſi grand homme que lui, ſi je n'avois pas actuellement ſon Optique ſous les yeux.

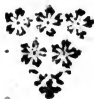
Ce que Newton a obſervé dans tout le cours de ce ſecond livre, lui a donné oc-

(*) Obſervation troiſième.

(1) Obſervation ſeptième.

casion de parler assez bien de ces cercles de différentes couleurs que nous appercevons quelquefois autour du Soleil & de la Lune, & auxquels nous avons donné le nom de *Halo*. Il prétend que nous recevons alors les rayons de l'astre, à travers un nuage composé de globules d'eau, ou de globules de grêle parfaitement égaux entr'eux. Il ajoute que ce nuage décompose la lumière à peu près comme le font nos prismes ordinaires. Il assure enfin que les diamétres des cercles colorés sont d'autant plus grands, ou d'autant plus petits, que les globules dont le nuage est composé ont plus ou moins de grosseur. Il rapporte à cette occasion deux fameux *halos*, l'un solaire & l'autre lunaire, qu'il observa avec beaucoup de soin. Le premier arriva au mois de Juin de l'année 1692. Il étoit composé de trois anneaux, à peu près semblables à 3 petits arcs-en-ciel. Le premier, à commencer par la partie intérieure, étoit bleu, blanc & rouge. Le second étoit pourpre, bleu,

verd, & rouge pâle. Le troisième enfin dont les couleurs n'avoient presque point de vivacité, étoit bleu & rouge. Newton n'eut le tems que de mesurer le diamétre du second anneau ; il le trouva de 9 degrés $\frac{1}{3}$. Vingt-huit ans auparavant, c'est-à-dire, le 19 Février 1664, il avoit observé autour de la Lune deux anneaux colorés. L'intérieur dont le diamétre n'étoit que de 3 degrés, paroissoit d'abord d'un verd tirant sur le bleu; venoit ensuite le jaune, & enfin le rouge. Le second anneau avoit un diamétre de 5 degrés & demi, & l'on y distinguoit 3 couleurs, le bleu, le verd & le rouge. Ainsi finit le second livre de l'Optique de Newton. Nous sommes convenus que le troisième livre seroit votre lot. J'en attens l'analyse avec impatience. Je suis, &c.



LETTRE SEPTIÉME.

Idée générale du troisième livre de l'Optique de Newton. Inflexion de la lumière. Nature & effets du feu. Action de la lumière sur l'œil.

LE troisième livre de l'Optique de Newton dont vous m'avez chargé de vous rendre compte, ne contient pas seulement, Monsieur, les 31 questions de Physique que vous m'avez annoncées au commencement de cette vie littéraire; il contient encore 11 observations très délicates dont Newton paroit faire beaucoup de cas. Je les ai luës plus d'une fois à tête reposée; & comme je les ai trouvées encore moins intéressantes que celles que vous avez rapportées dans votre quatrième & votre sixième lettre, je me suis déterminé à ne pas vous en parler. J'en viens donc à mes 31 questions, sur lesquelles M. de Fon-

tenelle porte le jugement ſuivant (*). (A la fin de ſon Optique; Newton, ſous la forme de doutes ou de queſtions à éclaircir, propoſe un grand nombre de vûës qui aideront les Philoſophes à venir, ou du moins feront l'hiſtoire, toujours curieuſe, des penſées d'un grand Philoſophe. L'Attraction domine dans ce plan abrégé de Phyſique. La force qu'on appelle *dureté* des corps, eſt l'attraction mutuelle de leurs parties qui les ſerre les unes contre les autres; & ſi elles ſont de figure à ſe pouvoir toucher par toutes leurs faces ſans laiſſer d'interſtices, les corps ſeront parfaitement durs. Il n'y a de cette eſpèce que de petits corps primordiaux & inaltérables, élémens de tous les autres. Les fermentations ou efferveſcences chimiques, dont le mouvement eſt ſi violent, qu'on les pourroit quelquefois comparer à des tempêtes, ſont des effets de cette puiſſante attraction, qui n'agit entre les petits

(*) Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1727. Éloge de Newton.

corps qu'à de petites distances). Voilà l'idée générale que nous donne M. de Fontenelle des questions de Physique qui terminent l'Optique de Newton. Entrons maintenant non-seulement dans le détail, mais encore dans le détail le plus exact & le plus circonstancié.

Dans les 6 premieres questions, *l'inflexion* de la lumière paroît assez bien établie. Cette découverte n'est pas de Newton. En l'année 1660 (*), le P. Grimaldi Jésuite s'apperçut que tout rayon de lumière passant près d'un corps quelconque, par exemple, près d'une lame de couteau, se détournoit visiblement de son chemin, pour se courber & s'infléchir sensiblement vers la pointe de cette lame. Newton racontoit cette expérience à quiconque lui demandoit des marques visibles de son attraction. Je m'étonne qu'il ne lui soit pas venu en pensée d'en faire honneur à son véritable inventeur. Je m'éton-

(*) Élémens de la Philosophie de Newton par M. de Voltaire pag. 106.

ne encore plus qu'il ait assuré dans ses 6 premières questions que l'attraction n'étoit pas moins la cause de la réflexion, que de l'inflexion & de la réfraction de la lumière. il me paroit que le ressort seul peut produire le premier de ces trois effets; & je ne vois pas comment l'attraction peut être regardée comme la cause du ressort.

Les 5 questions suivantes, ne seront pas aussi-tôt discutées. Elles roulent toutes sur la nature du feu & sur les principaux effets de cet Élément. Newton nous fait d'abord remarquer que les soufres sont les corps les plus inflammables que nous connoissions. Il ajoute que tout corps qui contient dans son sein un grand nombre de particules sulphureuses, n'a besoin que d'être agité de telle & telle façon pour donner de la lumière. A cette occasion, il nous met sous les yeux les phosphores les plus renommés, les fermentations les plus fameuses, les corps les plus capables de concevoir l'électricité par frottement. La description exacte & détaillée qu'il nous

fait de la Machine électrique, prouve qu'il a tâché plus d'une fois d'interroger la nature par le moyen de cette admirable Machine. Mais enfin il étoit tems que Newton nous dit ce qu'il entendoit par *Feu.* Non, Monsieur, je ne le croirois pas, si je ne le voyois actuellement de mes propres yeux. Il prétend que tout corps assez échaufé pour donner beaucoup de lumière, devient feu. Voulez-vous, *dit-il*, changer le fer & le bois en feu ? Faites rougir l'un, & rendez l'autre capable d'éclairer. *Annon ignis, corpus est eò usque calefactum, ut copiosiùs lumen emittat ? Quid enim aliud est ferrum candens, nisi ignis ? Quidve aliud est carbo candens, nisi lignum eò usque calefactum, ut id lumen emittat* (1) Un Physicien qui pensoit ainsi sur la nature du feu, a dû définir la flamme, une vapeur, une fumée, une exhalaison assez échaufée, pour donner de la lumière. *Annon flamma vapor est, fumus, sive exhalatio candefacta, hoc*

(1) Question IX.

eſt calefacta uſque eò, ut lumen emittat (1). Il a beau porter en preuve de ſon ſentiment une infinité de corps qui donnent de la fumée, après avoir donné de la flamme; je ne crois pas que vous ſoyez tenté de ſuivre ſon ſyſtéme, lorſque vous me parlerez de la nature du feu. j'ai toujour entendu dire que c'étoit là l'écueil des Phyſiciens; je ſouhaite que vous faſſiez là-deſſus des conjectures plus raiſonnables que toutes celles que l'on nous a donné juſqu'à préſent. Newton étoit très-conſéquent dans ſa manière de procéder. Il nous dépeint le Soleil & les Etoiles fixes comme des corps, à peu près de la nature de la Terre, mais infiniment plus gros & infiniment plus échaufés qu'elle. Ce qui m'a fait plaiſir en liſant cette queſtion (2), c'eſt qu'il leur donne une athmoſphére très-denſe, qui les comprime, qui leur conſerve leur chaleur, & qui empêche l'évaporation de leurs parties.

(1) Queſtion x.
(2) Queſtion xi.

Me voici insensiblement arrivé, Monsieur, à la 12e. question ; notre Physicien y parle, ainsi que dans les 5 suivantes, de l'action de la lumière sur l'œil. Tout ce qu'il y avance, est très-raisonnable, très-exact, & très-conforme aux loix de la saine Physique. C'est sur la rétine, *dit-il*, que se fait l'impression de la lumière ; cette impression se communique par les nerfs optiques jusqu'au cerveau ; & c'est alors que l'Ame produit la sensation à laquelle nous avons donné le nom de *vision*. Aussi deux images du même objet peintes sur nos deux rétines, ne nous donnent-elles pas une double *vision* ; c'est sur des fibres homologues & simpathiques, c'est-à-dire, sur des fibres qui partent du même point du cerveau, que se fait cette peinture. Les vibrations qui produisent ces images au fond de l'œil, ne sçauroient être de même espèce. Le rayon le plus réfrangible, comme le plus petit en masse, doit en exciter naturellement de très-courtes ; celles au contraire qu'excite le

rayon le moins réfrangible, doivent être très-longues; les molécules dont il eſt composé, ſont ſans contredit les plus groſſes. C'eſt-là vraiſemblablement pourquoi telle & telle couleur s'allient ſi bien, tandis que telle & telle autre ne ſçauroient ſe trouver enſemble. C'eſt par la durée des vibrations de la lumière, que Newton explique ces cercles de feu que nous nous imaginons avoir ſous les yeux, lorſque nous imprimons à un charbon ardent un mouvement très-rapide de circulation. C'eſt par la reſſemblance de ces mêmes vibrations avec celles que nous excitons, lorſque par mégarde nous nous donnons quelque coup à la tête dans l'obſcurité, que nous nous voyons comme inveſtis d'une lumière très éclatante &c. Ce ſont là, Monſieur, autant de Principes inconteſtables d'où l'on peut tirer une foule de conſéquences pratiques. Vous n'exigez pas que je vous en faſſe l'énumération; ce ſeroit vous envoyer un commentaire ſur des queſtion dont vous m'avez ſimplement chargé

de vous rendre compte. Une affaire imprévûe m'empêche de continuer ma lettre. Je vous l'envoye telle qu'elle eſt ; je n'ai pas eu le tems de la relire. La première fois que j'aurai l'honneur de vous écrire, je me rappellerai que j'en ſuis arrivé à la dix-huitième queſtion. Je ſuis &c.

LETTRE HUITIÉME.

Abrégé des queſtions XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII & XXIV. Critique du ſyſtéme total propoſé par Newton dans ces 7 queſtions.

NEwton craignoit toujours, Monſieur, que ſon grand *vuide* & ſon *attraction* indépendante de toute cauſe méchanique ne rebutaſſent bien des Phyſiciens, & ne les empêchaſſent d'embraſſer ſon ſyſtème de Philoſophie. Pour arrêter cette eſpèce de déſertion, il imagina une eſpèce de *plein* qu'il voulut faire regarder comme capable de produire la tendance des corps, les

uns vers les autres, en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances. C'eſt-là ce qu'il explique dans les 7 queſtions d'Optique dont je vais vous rendre compte dans cette lettre. Suivons-le pas à pas. La dix-huitième queſtion préſente une expérience bien sûre & bien facile à faire. Il faut prendre deux thermométres égaux, les ſuſpendre ſous deux récipiens de verre, tels que ſont les récipiens de quelque machine pneümatique que ce ſoit; ôter l'air du premier récipient, & tranſporter après cette opération ces deux thermométres dans un endroit chaud. Le mercure de celui qui ſe trouve placé dans le vuide, montera autant & auſſi-tôt que le mercure de celui que l'on a laiſſé dans le plein. La ſeule conſéquence directe & inconteſtable que l'on puiſſe tirer de cette expérience, c'eſt que les pores du verre laiſſent paſſer très-facilement & la matière lumineuſe & la matière ignée. Newton en tire pluſieurs autres que peu de Phyſiciens feront d'humeur de lui accorder. Il prétend qu'il reſ-

te dans le récipient de la machine pneümatique un fluide très-rare & très-élastique, capable de réfracter la lumière, de la réfléchir, & de transmettre la chaleur. Je ne sçais pas si le fait est faux ou vrai; mais je sçais bien que l'expérience de Newton ne prouve ni pour, ni contre.

Le Physicien Anglois ne s'en est pas tenu là. Il admet dans les espaces célestes un fluide à peu près semblable, & il veut qu'il soit d'autant plus dense, qu'il se trouve à une plus grande distance du Soleil. Par-là, *dit-il*, (1), les Planétes seront obligées de tendre toujours vers cet Astre, parce qu'elles tendront continuellement à passer d'un fluide plus dense dans un fluide plus rare. Il faudroit, pour révoquer en doute une pareille assertion, ignorer les premiers élémens de l'Hydrostatique.

Je ne les ignore pas ces élémens, Monsieur; mais je voudrois bien que les Newtoniens répondissent d'une manière précise aux questions suivantes. Par quel Méchanisme

(1) Question xxi.

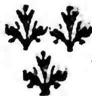
ſeur fluide devient-il d'autant plus denſe, qu'il s'éloigne plus du Soleil ? Pourquoi cette denſité ſuit-elle la raiſon directe des quarrés des diſtances à cet aſtre ; car ſi elle n'augmente pas en cette proportion, l'on n'expliquera jamais la tendance des Planétes vers le Soleil en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances ? Comment rendra-t-on raiſon, dans l'hypothéſe que propoſe Newton, de la gravitation mutuelle des corps ? Il avouë lui même que ſi les Planétes tendent vers le Soleil, le Soleil à ſon tour tend les Planétes. Vous voyez que Deſcartes n'a pas été le ſeul à faire des romans en Phyſique. Mais enfin pour vous mettre bien au fait des penſées de Newton ſur le fluide répandu dans les eſpaces céleſtes, je vais traduire preſque mot par mot ſa vingt-deuxième queſtion d'Optique.

Eſt-ce, *dit-il*, que l'on ne verra pas les Planétes, les Cométes & tous les autres corps ſolides ſe mouvoir plus facilement & avec beaucoup moins de réſiſtance dans cette eſpèce d'éther, que dans tout autre

fluide qui n'admettroit aucun vuide, & qui par-là même feroit beaucoup plus denſe que le vif argent & l'or ? Ce n'eſt pas encore aſſez. Eſt-ce que la réſiſtance qu'opposera ce *milieu*, ne pourra pas être aſſez petite pour être comptée, ou, pour rien, ou, comme pour rien ? En effet repréſentons-nous cet éther comme ſept cent mille fois plus élaſtique & ſept cent mille fois plus rare que l'air que nous reſpirons; dès-lors la réſiſtance qu'il oppoſera aux corps ſolides qui le traverſeront, ſera plus de ſix cent millions de fois moindre que celle de l'eau. Or à peine une réſiſtance auſſi inſenſible pourroit-elle cauſer pendant dix mille ans le moindre dérangement ſenſible au mouvement des Planétes. Quelqu'un peut-être, *continue Newton*, me demandera comment il peut ſe faire qu'un *milieu* ait une rareté auſſi incompréhenſible que celle-là ; je ne le comprens pas ; mais lui-même comprend-il comment l'air de la région ſupérieure de l'athmoſphére terreſtre eſt plus de cent millions de fois

plus rare que l'or ? Comprend-il comment le corps électrique peut faire pendant plusieurs heures des pertes très-sensibles, sans diminuer sensiblement de son poids; ne faut-il pas que le fluide qu'il envoie de son sein, soit d'une rareté plus qu'incompréhensible ? Comprend-il enfin quelle est la rareté du fluide magnétique ; ne faut-il pas qu'il soit, pour ainsi dire, infiniment rare, pour traverser l'or & les corps les plus denses avec une aussi grande facilité ?

Voilà ce qu'il y a de plus intéressant dans les sept questions d'Optique que je vous ai annoncées au commencement de ma lettre. Les autres questions roulent sur des sujets trop étrangers à celui-ci, pour vous en rendre compte aujourd'hui. Vous aurez au premier jour de mes nouvelles. Je suis &c.



LETTRE NEUVIÉME.

Nature du Criſtal d'Iſlande. Phénoménes que préſente ce Criſtal. Conjectures de Newton ſur cette matière. Conjectures nouvelles ſur la même matière.

ON parle trop en Phyſique du Criſtal d'Iſlande, Monſieur, pour que Newton n'en ait rien dit dans ſes queſtions d'Optique. Auſſi a-t-il conſacré à l'explication de cette eſpèce de jeu de la Nature ſa 25e, ſa 26e, ſa 27e, & une partie de ſa 28e queſtion. Il nous fait d'abord une deſcription très-exacte de ce criſtal. C'eſt, *dit-il*, une pierre tranſparente qu'il eſt très facile de fendre. Il eſt auſſi clair que l'eau & le criſtal de roche. Il n'a de lui-même aucune eſpèce de couleur. Il rougit au feu ſans perdre ſa tranſparence, & il ſe calcine ſans fuſion. Plongé dans l'eau un à deux jours, il y perd ſon poli naturel. Frotté avec un drap, il donne

des marques très ſenſibles d'électricité. Jetté dans l'eau forte, il la fait bouillonner. Je le rangerois volontiers dans la claſſe de ces minéraux auſquels on a donné le nom de *Talc*. Le Criſtal d'Iſlande eſt trop mou, pour recevoir un poli parfait. Ce poli n'eſt pas néceſſaire pour la plupart des expériences dont les Phyſiciens ont tenté de rendre compte. Voici les principales.

1°. Un rayon de lumière tombant ſur une des ſurfaces de ce criſtal, ſe partage en deux; ce qui fait paroitre double tout objet qu'on regarde à travers, & ce qui prouve que le rayon a ſouffert deux réfractions.

2°. Les deux rayons réfractés ſont à peu près d'égale groſſeur, & ils conſervent la même couleur que le rayon incident.

3°. Le rayon perpendiculaire ſe rompt, & il y a des rayons obliques qui paſſent tout droit.

4°. Des deux rayons qui ſe ſont formés du rayon incident, l'un ſouffre une

réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière. Newton a mesuré très exactement la première. Il a trouvé que, lorsque la lumière passe de l'air dans le Cristal, le Sinus d'incidence : au Sinus de réfraction : : 5 : 3. Il ne nous a pas marqué la proportion que suit la réfraction irrégulière ; sans doute qu'elle n'en suit point de constante.

5°. Si vous posez deux morceaux de ce Cristal, desorte que les côtés de l'un soient paralléles aux côtés de l'autre, un rayon qui se sera partagé en deux dans le premier Cristal, & qui aura fait une réfrac- régulière & une irrégulière, ne se partagera plus en entrant dans le second ; ces deux rayons souffriront encore dans le second Cristal comme dans le premier, l'un une réfraction régulière, l'autre une réfraction irrégulière. On peut au reste laisser, ou ne pas laisser un espace entre ces deux morceaux de Cristal ; il faut seulement bien prendre garde que les côtés de l'un soient paralléles aux côtés de l'autre.

6°. Lorſque les plans du premier morceau de Criſtal ſont perpendiculaires aux plans du ſecond morceau, les deux rayons venus d'un ſeul rayon, en paſſant du Criſtal ſupérieur dans l'inférieur, font échange de leurs réfractions. Celui qui avoit ſouffert dans le premier Criſtal une réfraction régulière, en ſouffre dans le ſecond une irrégulière; & celui qui en avoit ſouffert une irrégulière, en ſouffre une régulière. On diroit, *remarque à cette occaſion M. Huyghens*, (1) que la Nature a eu peur que ce Criſtal ne fut pas une énigme aſſez inexplicable pour les Philoſphes, & qu'elle l'a chargé à plaiſir d'obſcurités & de difficultés.

L'explication que Newton a donnée de ces phénoménes ne lui a pas fait honneur; perſonne, je vous l'aſſure, n'a encore été tenté de l'adopter, Il prétend que chaque rayon de lumière a 4 côtés, deux deſquels ont la propriété de faire réfracter

(1) Mémoire de l'Académie des Sciences, Tom. 1. pag. 190.

le rayon d'une manière irréguliѐre, lorsque l'un des deux est tourné vers telle partie du Cristal d'Islande. Peut-être croirez-vous que je badine; voici les propres paroles de l'Auteur (1). *Annon radiorum luminis diversa sunt latera, diversis proprietatibus congenitis prædita? .... Unusquisque radius considerari poterit, ut in eo quatuor concipiantur plagæ sivè latera; quorum quidèm duo inter se ex adverso opposita, faciant ut radius toties refringatur ratione inusitatâ, quoties alterutrum eorum conversum sit ad cristalli plagam inusitatæ refractionis..... Habent igitur singuli radii luminis bina latera inter se ex adverso opposita, quibus quidèm lateribus congenita est proprietas ea è quâ pendet refractio inusitata; altera autem bina latera, proprietatis istius expertia.* Jamais, Monsieur, les défenseurs des qualités occultes ont-ils donné des réponses plus obscures?

Me demanderez-vous maintenant ce que je pense du Cristal d'Islande? Je vous

(1) Question XXVI.

avouerai d'abord que je ne ſuis pas en état de vous donner une réponſe ſatisfaiſante. Je hazarderai cependant quelques conjectures dont vous ne ferez, ſi vous le voulez, aucun cas.

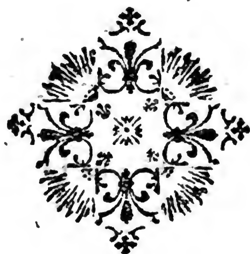
1°. Ce Criſtal pourroit bien être compoſé de parties très-hétérogénes, dont les uns cauſaſſent la réfraction que Newton appelle régulière, & les autres celle qu'il appelle irrégulière.

2°. Les couches de ce Criſtal pourroient bien n'être pas exactement paralléles. Dans cette hypothéſe le rayon perpendiculaire à certaines couches ſeulement, ſera réfracté par celles auſquelles il n'eſt pas perpendiculaire. Par la même raiſon un rayon oblique aux ſeules premières couches du Criſtal, & perpendiculaire à toutes les autres, ne devra éprouver aucune réfraction ſenſible.

3°. Les deux morceaux de Criſtal dont les côtés ſont poſés parallélement, peuvent être regardés comme un même morceau. Les deux rayons de lumière doivent

donc souffrir dans le second les mêmes réfractions que dans le premier.

4°. Pour les deux morceaux de cristal, dont les plans sont opposés perpendiculairement, on ne peut guères les regarder comme un même morceau. Si les deux rayons venus d'un seul rayon, font échange de leurs réfractions, en passant du Cristal supérieur dans l'inférieur, l'on peut conjecturer qu'aucun d'eux ne trouve dans celui-ci des parties semblables à celles qu'il a trouvées dans celui-là. Peut-être sont-ce là des rêveries ; en tout cas je vous les donne pour telles ; si vous vous en mocquez, vous en ferez le cas qu'elles méritent. Je suis &c.



LETTRE

LETTRE DIXIÉME.

Résistance des milieux. Impossibilité du Plein dans les espaces célestes. Questions que Newton propose à tout Physicien. Démonstration de l'existence de Dieu.

LA 28e Question du troisième Livre de l'Optique de Newton, est peut-être, Monsieur, la plus essentielle de toutes celles dont je vous ai rendu compte jusqu'à présent. Elle roule sur-tout sur la résistance des *milieux*, c'est-à-dire, sur les obstacles que tout fluide oppose à tout corps solide qui le traverse. Voici à peu près comment Newton s'y exprime.

Tout corps solide qui entre dans un fluide, éprouve, *dit-il*, comme nécessairement deux espèces de résistances; l'une vient de la cohésion des parties du fluide qu'il faut désunir, l'autre de la quantité de matière qu'il faut déplacer. Il n'est pas difficile de trouver un fluide où la pre-

mière de ces deux résistances soit comptée pour rien ; le vif-argent & l'eau peuvent dans cette occasion servir & de preuve & d'exemple. Mais ce qui est impossible, c'est de trouver un fluide qui n'offre pas des parties à déplacer, & qui n'oppose pas d'autant plus de résistance à ce déplacement, que ces parties sont & plus massives, & en plus grand nombre. Aussi cette dernière espèce de résistance à laquelle seule Newton a égard, est-elle toujours proportionnelle à la densité du fluide. Elle est à peu près égale dans l'eau, l'esprit de vin, l'esprit de thérébentine & l'huile chaude ; ces fluides ont à peu près la même densité. Par la même raison elle est 13 à 14 fois moindre dans l'eau, que dans le vif-argent ; huit à neuf cent fois moindre dans l'air, que dans l'eau ; infiniment petite & tout-à-fait insensible dans le fluide qui reste dans le récipient d'une bonne Machine pnéumatique, après quelques coups de piston. L'on voit dans ce récipient la plume la plus légère

tomber auſſi vîte, que le corps le plus maſſif, lorſque l'un & l'autre ſont abandonnés à leur force centripéte.

De ce Principe inconteſtable Newton conclut que, ſi les eſpaces céleſtes étoient remplis d'une matière auſſi denſe que l'eau, ou le vif-argent, les Aſtres qui les traverſeroient, devroient y éprouver autant de réſiſtance, que s'ils étoient obligés de ſe mouvoir dans l'un ou dans l'autre de ces fluides. Il ajoute que s'ils ſont parfaitement pleins, un globe de la nature de nos Planétes perdra toute ſa vîteſſe, lorſqu'il aura parcouru dans ces eſpaces immenſes la longueur de quelques-uns de ſes diamétres. C'eſt de-là que les Newtoniens ont tiré le terrible argument que vous avez appellé dans la vie littéraire de Deſcartes (1) *le grand argument des Cométes.* C'eſt par-là qu'ils ont prétendu ruiner ces tourbillons que cet ingénieux Auteur avoit ſi bien arrangés dans le Ciel.

Newton à cette occaſion fait l'éloge

(1) Tome I. page 246.

des Philoſophes Grecs & Phœniciens qui ont admis le vuide & les atômes, & qui, pour expliquer la gravité de ces corpuſcules inaltérables, n'ont pas eu recours à un fluide denſe, ni à une cauſe quelconque immédiate & méchanique. Il veut que l'on ne paſſe pour Phyſicien, que lorſqu'on ſera en état de réſoudre les queſtions ſuivantes.

Qu'y a-t-il dans ces eſpaces que nous regardons comme preſque vuides ?

D'où vient la gravitation mutuelle du Soleil & des Planétes ?

En quoi conſiſte cette beauté que tout homme eſt obligé de reconnoitre dans l'Univers ?

A quelle fin les Cométes ont-elles été créées ?

Pourquoi les Planétes ſe meuvent-elles toutes dans des orbites concentriques d'Occident en Orient, tandis que les Cométes ſe meuvent dans des orbites excentriques dans toute ſorte de directions ?

Pourquoi les Étoiles ne tombent-elles

pas les unes ſur les autres ?

Pourquoi les corps des animaux ont-ils été formés avec tant d'art, & à quels uſages ſont deſtinées les principales parties qui les compoſent ?

Quelle ſcience dans celui qui a conſtruit nos yeux & nos oreilles ?

Comment la volonté régle-t-elle les mouvemens de notre corps ?

Quel eſt cet inſtinct que nous reconnoiſſons dans tous les animaux ?

La ſubſtance qui produit les ſenſations ne réſide-t-elle pas dans cette partie du cerveau que nous regardons comme l'organe du ſens commun ?

Telles ſont les queſtions que Newton propoſe à tout homme qui ſe nomme Phyſicien ; en trouvera-t-il beaucoup qui méritent ce titre ? la dernière choſe qu'il demande, eſt dans le fond la plus aiſée. Il veut que des principaux phénoménes de la nature l'on tire une démonſtration claire & palpable de l'exiſtence d'un Étre infiniment parfait. Rien n'eſt plus reſſem-

blant que la peintute qu'il fait de cet Être ſupréme. Je vous rapporterai ſes propres paroles : je craindrois de les affoiblir en les traduiſant en notre langue. *Annon ex phœnomenis conſtat eſſe Entem incorporeum, viventem, intelligentem, omnipræſentem, qui in ſpatio infinito, tanquam ſenſorio ſuo, res ipſas intimè cernat, penitùſque percipiat, totaſque intrà præſens præſentes complectatur ; quarum quidèm rerum id quod in nobis ſentit & cogitat, imagines tantùm ad ſe per organa ſenſuum delatas, in ſenſoriolo ſuo percipit & contuetur.* En effet la véritable Philoſophie eſt celle qui nous conduit de la connoiſſance des cauſes ſecondes à la connoiſſance de la cauſe première. Il faut être bien aveugle, pour ne pas voir la connexion dont parle Newton ; bien téméraire, pour oſer la révoquer en doute ; & bien libertin, pour débiter des principes capables d'obſcurcir l'idée claire & diſtincte que nous avons de l'Être ſuprême. C'eſt-là cependant le but des prétendus ſages de ce ſié-

cle. Ce n'eſt ni chez Deſcartes, ni chez Newton, qu'ils ont puiſé d'auſſi abominables maximes ; leur conduite ne nous prouve que trop qu'Épicure eſt & mérite d'être leur Maître. Je ſuis &c.

LETTRE ONZIÉME.

Cauſe phyſique de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière. Détail des fauſſetés que contient la trentième queſtion d'Optique.

IL y a, Monſieur, dans la 29e queſtion bien des choſes ſur l'inflexion, la réfraction, & la réflexion de la lumière, dont il ſeroit inutile de vous entretenir ; ce ſont de pures répétitions de ce que Newton avoit dit dans quelques-unes des queſtions précédentes & dans le corps même de ſon Optique. Mais il y a un endroit que tout Phyſicien ne ſçauroit graver trop avant dans ſon eſprit ; c'eſt celui, où il s'agit de trouver la cauſe phyſique

de la différente réfrangibilité des rayons de lumière. Newton l'attribue à la différence des molécules dont ces rayons sont composés. Il prétend que les molécules les plus grosses appartiennent au moins réfrangible des 7 rayons ; les molécules les plus petites à celui qui l'est le plus ; & les molécules moyennes à celui qui tient le milieu entre les 7 rayons primitifs. J'en ai d'abord apperçu la raison. Plus une molécule est grosse, plus il est difficile de la déplacer, & de lui faire quitter son ancienne direction ; donc plus les molécules dont un rayon est composé, sont considérables ; moins ce rayon a de réfrangibilité. Je ne vois pas qu'un esprit droit puisse refuser de se rendre à ce raisonnement.

La trentième question n'est qu'un tas de faussetés. Newton y prétend que les corps les plus massifs se changent assez souvent en lumière, & que la lumière à son tour se change en corps massif. Pour nous rendre cette métamorphose croyable,

il nous fait remarquer que l'eau qu'il regarde comme un ſel très-fluide, ſe change tantôt en vapeur, c'eſt-à-dire, en air; tantôt en glace, c'eſt-à-dire, en pierre. Il ajoute que la terre ſe change en feu, l'argent vif en ſel fluide, les œufs en animaux &c. De pareilles rêveries ne méritent pas d'être réfutées; je ne ſçais à quoi penſoit Newton, lorſqu'il les a écrites. Je finirai ici ma lettre, Monſieur; la longueur de la ſuivante vous dedommagera de la briéveté de celle-ci; j'aurai à vous y rendre compte de la dernière queſtion d'Optique, c'eſt-à-dire, de la queſtion où Newton a développé preſque tout ſon ſyſtéme ſur la Phyſique terreſtre. Vous comprenez qu'il me faut du tems, avant que de mettre tant de choſes en ordre. Je ſuis &c.



LETTRE DOUZIÉME.

Deux espèces d'attraction admises par Newton. Réfutation de la seconde espèce d'attraction. Loix de répulsion. Réfutation de ces loix. Systéme total proposé par Newton. Fausseté de ce systéme.

NEwton fait, Monsieur, au commencement de sa 31e Question, une déclaration à peu près semblable à celle que vous avez faite au commencement de cette vie littéraire. Il avertit son lecteur qu'il n'emploie le nom d'*attraction*, que pour signifier un fait dont la cause lui est inconnue, un fait qui peut-être doit son existence à l'impulsion. *Quam ego attractionem appello, fieri sanè potest ut ea efficiatur impulsu, vel alio quovis modo nobis ignoto. Hanc vocem attractionis ita hîc accipi velim, ut in universum solummodò vim aliquam significare intelligatur, quâ corpora ad se mutuò tendant; cuicum-*

que demùm causæ attribuenda sit illa vis. Cette déclaration ne quadre guères avec les éloges qu'il a donnés peu de tems auparavant aux Philosophes Grecs & Phéniciens qui, pour expliquer la gravité de la matière, n'ont eu recours à aucune cause immédiate & méchanique (1). Mais ce n'est pas là tout le mal. Newton n'a travaillé avec tant de soin cette dernière Question, que pour introduire en Physique deux espèces d'attraction, l'une en raison inverse des quarrés, l'autre en raison inverse des cubes, ou peut-être même des quarrés-quarrés des distances. Il attribue à la première la plupart des grands effets de la nature, ces effets sur-tout que tout le monde voit, ces effets qui s'opérent dans un espace que tout le monde peut mesurer, comme la gravité, le magnétisme, l'électricité &c. Il veut que la seconde soit la cause de ces effets qui sont produits à de très-petites distances, comme la dureté des corps élémentaires, les

(1) Lettre 10e. de ce volume.

fermentations &c. Mais dans une affaire aussi importante, écoutons-le parler lui-même. *Attractiones gravitatis, virtutisque magneticæ & electricæ, ad satis magna se extendunt illæ quidèm intervalla; adeòque etiam sub vulgi sensum, notitiamque ceciderunt: at verò fieri potest ut sint prætereà aliæ quoque aliquæ, quæ tam angustis finibus contineantur; ut usque adhuc omnem observationem fugerint* (1) . . . . . . *Ego sanè ex cohærentiâ corporum, illud malim inferre, utique particulas ipsorum attrahere se invicem vi aliquâ, quæ in ipso contactu per quam sit magna; parvis interjectis intervallis, chimicos illos effectus suprà memoratos obtineat; ad spatia autem à particulis aliquantò remotiora, quod quidèm sensu percipi possit, non omnino pertineat* (2). . . . . *Atque hæc quidèm omnia si ita sint, jam Natura universa valdè erit simplex & consimilis sui: perficiens nimirùm magnos omnes corporum cœlestium motus, attractione*

(1) Question 31. pag. 304.

(2) Même question, pag. 315.

gravitatis, quæ est mutua inter corpora illa omnia; & minores ferè omnes particularum suarum motus, aliâ aliquâ vi attrahente & repellente, quæ est inter particulas illas mutua (1).

Il est donc bien décidé, Monsieur, que Newton a reconnu dans la nature deux espèces d'attraction, l'une pour les grandes, l'autre pour les petites distances. L'on dit qu'il a très-bien démontré l'existence de la première. Apparemment que cette démonstration entrera dans sa vie littéraire. Je vous promets de m'y rendre, si je la trouve dans les régles. Mais pour la seconde, je ne me déterminerai jamais à la regarder comme un Principe de Physique. Les preuves sur lesquelles Newton se fonde, ne me paroissent rien moins que concluantes. Je les soumets à votre jugement; j'aurai soin de vous apporter les plus pressantes.

Le Physicien Anglois nous met d'abord sous les yeux une foule d'opérations & de

(1) Même question, pag. 322.

fermentations chimiques dans lesquelles il apperçoit des marques de sa seconde espèce d'attraction. L'eau forte, *dit-il*, dissout l'argent & ne dissout pas l'or; l'eau régale au contraire dissout l'or & ne dissout pas l'argent. Voilà des faits incontestables. Ne peut on pas dire que ces deux fluides sont assez subtils, pour pénétrer l'un & l'autre métal; mais que l'eau forte n'a pas l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'or, & l'eau régale l'attraction qu'il faudroit pour s'introduire dans les pores de l'argent? *Cùm aqua fortis dissolvit argentum non autem aurum; & aqua regia dissolvit aurum, non autem argentum: annon rectè dici potest aquam fortem satis quidèm subtilem esse ad penetrandum aurum æque ac argentum; carere autem vi illâ attrahente, quâ se inferre & introdare possit: & aquam regiam satis quidèm subtilem esse ad penetrandum argentum æque ac aurum; carere autem vi illâ attrahente, quâ se intro-*

dare possit (1) ? Les autres fermentations chimiques ne fournissent pas des preuves plus convaincantes ; il seroit inutile de vous les rapporter. Je vous ai déja fait remarquer dans cette lettre, Monsieur, que Newton ne croyoit pas pouvoir expliquer la dureté sans le secours de sa seconde espèce d'attraction. Il accuse même les Gassendistes qui ont recours à des atomes faits en forme de hameçon, de donner pour réponse ce qui fait précisément l'état de la question & de la dispute présente. Ne pourroit-on pas lui faire le même reproche? N'apporte-t-il pas la cohésion des parties dont les corps durs sont composés, pour preuve de son attraction, dans le tems même où l'on demande si la dureté des corps dépend ou de l'attraction, ou d'une cause immédiate & méchanique ?

Mais ce qui m'a le plus surpris, c'est de voir Newton porter en preuve de son attraction l'expérience suivante (2). L'on

(1) Même question, pag. 309.
(2) Même question, pag. 316.

prend un tube de barométre de 50, 60 ou 70 pouces de hauteur. L'on a du vif argent exactement purgé d'air. L'on en remplit le tube, en prenant garde qu'il y ait une parfaite contiguité, non-seulement entre les parties du vif-argent, mais encore entre le vif-argent & le verre. L'on remet le barométre dans sa situation ordinaire ; & l'on voit, que le vif argent demeure suspendu à la hauteur à laquelle on a eu soin de le faire monter. Je comprens, *dit Newton*, que la colomne d'air extérieur qui gravite sur le vase du barométre, doit le soutenir à la hauteur de 28 à 27 pouces ; mais le reste, qu'est-ce qui le soutient ? Ce n'est pas l'air extérieur, il n'a pas assez de force. D'ailleurs l'on voit le mercure descendre & se remettre à la hauteur ordinaire, lorsqu'on secoue tant soit peu le tube du barométre. Ce sera donc l'attraction de la seconde espèce qui causera le phénoméne.

Il faut, Monsieur, être né attractionnaire, pour se contenter de pareilles preu-

ves. Pour moi je n'apperçois dans tout ceci qu'une adhérence du mercure aux parois intérieures du tube de verre que l'on n'a pas eu sans doute soin de nettoyer exactement ; & toutes les fois que je pourrai rapporter un effet à une cause immédiate & méchanique, je me garderai bien de l'expliquer d'une manière inintelligible.

Mais enfin il y a dans la Nature une foule d'effets que Newton n'a osé faire dépendre d'aucune espèce d'attraction ; le ressort & la réflexion tiennent sans contredit le premier rang. Qu'a-t-il fait dans cette occasion, lui qui paroit si déterminé à ne faire jouer aucun rolle aux causes secondes ? Il n'a pas été embarrrassé ; il a eu recours à des loix générales de répulsion, dont il a prouvé ainsi l'existence.

Il y a, *dit-il*, dans l'algébre des quantités *affirmatives* & des quantités *négatives* ; donc il y a dans la nature des loix d'*attraction* & des loix de *répulsion*. *Sicuti in algebrâ, ubi quantitates affirmativæ evanescunt & desinunt, ibi negativæ incipiunt ;*

ita in mechanicis, ubi attractio desinit, ibi vis repellens succedere debet. (1)

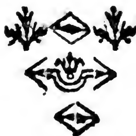
Les mouches se promenent sur la surface des eaux, sans se mouiller les pieds; donc il y a dans l'eau une véritable force répulsive. *Porrò eidem vi repellenti tribuendum videtur, quod muscæ in aquâ inambulent, nec tamen pedes suos madefaciant.* (2)

Quelques polis que soient deux morceaux de marbre, il est difficile de les unir de manière qu'on ne puisse pas les séparer; donc il y a dans ces marbres une véritable force répulsive. *Eidem vi repellenti tribuendum videtur quod . . . . bina denique marmora perpolita, quæ quoties planè inter se contingunt, cohærent, ægrè tamen tam arctè comprimi, tamque aptè conjungi queant, ut cohærescant.* Je n'oserois pas apporter pareilles preuves à des Physiciens de deux jours; je craindrois qu'ils ne me payassent d'un éclat de rire, & qu'ils ne me regar-

(1) Même question, pag. 320.

(2) Même question, pag. 322.

dassent comme un homme qui vient leur compter des sornettes. Newton cependant, fier de cette découverte, nous avertit que la simplicité fait le caractére de ce nouveau sistéme de Physique. Par-là, *dit-il*, tous les mouvemens dépendront d'une seule & même cause. La première espèce d'attraction produira les grands mouvemens; la seconde les petits: & lorsque les phénoménes seront trop compliqués, la même force aura le pouvoir de se métamorphoser, d'attractive qu'elle étoit, en répulsive. S'il faut, pour être Newtonien, adopter toutes ces folies, je vous déclare, Monsieur, que je ne veux pas quitter le parti de Descartes, & que je renonce de grand cœur à Newton & au Newtonianisme. Je suis &c.



RÉPONSE

Aux six Lettres du Chevalier.

MOn dessein n'a jamais été, mon cher Chevalier, de vous faire renoncer à toutes les explications Cartésiennes, pour vous engager ensuite à embrasser le pur Newtonianisme. La déclaration que vous me faites à la fin de votre dernière lettre, est donc un acte très-inutile. Tous les défauts que vous avez reconnus dans les 31 questions qui terminent l'Optique de Newton, je les reconnois comme vous. Ainsi ne craignez pas que ces Principes imaginaires contre lesquels vous vous êtes élevé avec tant de force, fassent jamais partie du systéme mixte que je vous proposerai dans le dernier volume de cet Ouvrage. Je sçais qu'il faut quelquefois en Physique en venir aux loix de la Nature. Mais je sçais aussi qu'on n'a droit à ce recours, que lorsque l'existence d'un effet est bien cons-

tatée & qu'il eſt impoſſible d'apporter aucune cauſe méchanique & immédiate de cet effet. Voilà un Principe sûr dont vous ne me verrez jamais départir. Je vous dirai cependant en ami, mon cher Chevalier, que vous avez tort de confondre la Phyſique de Newton avec celle que renferment ſes 31 queſtions d'Optique. Un homme ne prétend pas dogmatiſer, lorſqu'il donne, comme de purs doutes, quelques penſées qui lui ſont venues à l'eſprit, & qu'il n'a pas eu le tems de creuſer. Le compte que je vais vous rendre de ſon Opuſcule ſur le ſyſtéme du monde, vous mettra au fait du véritable Newtonianiſme. Pour en comprendre tout le beau, vous aurez beſoin d'avoir préſentes à l'eſprit les deux loix de Képler. Faites-moi le plaiſir de me prouver, la première fois que vous m'écrirez, qu'elles ne vous ſont pas inconnues. Je ſuis &c.





LIVRE SECOND.

DE L'OPUSCULE DE NEWTON *sur le systême du Monde.*

LETTRE PREMIÈRE.

Première loi de Képler. Explication & démonstration de cette loi. Seconde loi de Képler. Explication & démonstration de cette loi.

JE suis ami de la vérité, Monsieur. Quelqu'éloigné que je sois de la Physique Newtonienne, je vous avouerai cependant que les deux loix que vous regardez comme les fondemens de l'Astronomie, devroient plutôt s'appeller les loix de Newton, que les loix de Képler. Celui-ci les a trouvées comme par hazard ; celui-là en a donné la démonstration la plus exacte.

Les aires astronomiques parcourues par

les Planètes, ſont comme les tems employés à les parcourir. C'eſt-là la première loi de Képler. Pour vous faire comprendre que je ſuis au fait de cette loi, je ſuppoſe le ſoleil au point S (Fig. 1 Pl. 2.) & une Planéte quelconque A parcourant en deux inſtans égaux les deux côtés A B & B D de la courbe commencée A B D. Je ſuppoſe encore la ligne A B égale à la ligne B C. Je ſuppoſe enfin la ligne S R paralléle à la ligne A B C, & la ligne D C paralléle à la ligne B E. Je dis que l'aire aſtronomique A S B, formée par les deux rayons vecteurs A S, B S & par le côté A B, eſt égale à l'aire aſtronomique B S D, formée par les deux rayons vecteurs B S, D S & par le côté B D; pourvu que la planéte A n'ait pas mis plus de temps à parcourir le côté B D, qu'elle en avoit mis à parcourir le côté A B. Voilà ce qu'a trouvé Képler, & voici ce qu'a démontré Newton.

Le triangle A S B eſt évidemment égal au triangle B S C, puiſque ces deux trian-

gles ſont conſtruits ſur les baſes égales AB & BC, & qu'ils ſont renfermés entre les paralléles AC & RS (1). Donc ſi la Planéte A parcouroit au ſecond inſtant le côté BC, au lieu du côté BD, elle parcourroit évidemment des aires aſtronomiques égales en tems égaux.

Le triangle BDS eſt égal au triangle BSC, puiſque ces deux triangles ſont conſtruits ſur le même côté BS, & qu'ils ſont renfermés entre les paralléles BS, CD (2). Donc la Planéte A, en parcourant au ſecond inſtant le côté BD, parcourt une aire aſtronomique BDS égale à l'aire du triangle BSC. Donc elle parcourt une aire aſtronomique BDS égale à l'aire aſtronomique ASB. Donc elle parcourt en temps égaux des aires aſtronomiques égales. Donc *les aires aſtronomiques parcourues par les planétes, ſont comme les tems employés à les parcourir.*

Les quarrés des tems périodiques des Planétes

(1) Prop. 38. du liv. I. des Élémens d'Euclide.

(2) Prop. 37. du liv. I. des Élémens d'Euclide.

nétes qui tournent autour d'un centre commun, ſont comme les cubes de leurs diſtances à ce centre. Voilà, Monſieur, la ſeconde loi de Képler, & en voici l'explication & la démonſtration.

Le tems périodique d'une Planéte eſt le tems qu'elle employe à parcourir ſon orbite. Le tems périodique de la Terre eſt donc de 1, & le tems périodique de Mars de 2 ans.

Le quarré de 1 eſt 1, & le quarré de 2 eſt 4. Donc le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars : : 1 : 4.

La diſtance moyenne de la Terre au Soleil eſt de 30, 000, 000 de lieues, & le cube de cette diſtance de 27, 000, 000, 000, 000, 000, 000, 000 de lieues.

Pour trouver la diſtance de Mars au Soleil, je fais la proportion ſuivante ; le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars : : le cube de la diſtance de la Terre au Soleil : au cube de la diſtance de Mars au même

Aſtre. Dans cette proportion les trois premiers termes ſont connus ; le quatrième le ſera donc avec la dernière facilité ; & l'extraction de la racine cubique de ce quatrième terme donnera la diſtance de Mars au Soleil. Mais c'eſt-là une explication, & non pas une démonſtration générale de la ſeconde loi de Képler. Pour la démontrer dans toutes les formes, je nomme *t* le tems périodique de la Terre, *r* ſon rayon vecteur, ou ſa diſtance au Soleil, *u* ſa viteſſe. Je nomme encore T le tems périodique de Mars, R ſa diſtance au Soleil, V ſa vîteſſe ; & je dis que j'ai droit de faire la proportion ſuivante, $tt : TT :: r^3 : R^3$, c'eſt-à-dire, le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de Mars :: le cube de la diſtance de la Terre au Soleil : au cube de la diſtance de Mars à cet Aſtre. Pour rendre la démonſtration moins compliquée, je regarderai comme circulaires les orbites des Planétes du premier & du ſecond ordre.

1°. La Terre & Mars ſe meuvent dans

des orbites circulaires concentriques ; donc ces deux Planétes ont leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances au ſoleil ; donc l'on peut dire $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$ (*a*).

2°. La vîteſſe eſt toujours égale à l'eſpace parcouru, diviſé par le tems employé à le parcourir.

Les eſpaces parcourus ſont ici des circonférences circulaires qui ſont comme leurs rayons ; donc $u = \frac{r}{t}$ & $V = \frac{R}{T}$; donc $u : V :: \frac{r}{t} : \frac{R}{T}$; donc $\frac{r}{t} : \frac{R}{T} :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$.

3°. Lorſque 4 racines quarrées ſont en proportion, leurs 4 quarrés y ſont auſſi ; donc le quarré de $\frac{r}{t}$: au quarré de $\frac{R}{T}$: : le quarré de $\sqrt{R}$: au quarré de $\sqrt{r}$; donc $\frac{r^2}{t^2} : \frac{R^2}{T^2} :: R : r$; donc $\frac{r^3}{t^2} = \frac{R^3}{T^2}$; donc $t^2 R^3 = T^2 r^3$; donc $tt : TT :: r^3 : R^3$; donc le quarré du tems périodique de la Terre : au quarré du tems périodique de

Mars : : le cube de la diſtance de la Terre au Soleil : au cube de la diſtance de Mars au même Aſtre ; donc en général *les quarrés des tems pèriodiques des Planétes qui tournent autour d'un centre commun, ſont comme les cubes de leurs diſtances à ce centre.* Vous voyez, Monſieur, que, ſans être grand Algébriſte, l'on démontre aſſez facilement la ſeconde loi de Képler dans le cercle. Elle eſt, je le ſçais, plus difficile à démontrer dans l'ellipſe. La démonſtration de cette loi doit toujours être fondée ſur la proportion $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$; & on ne peut pas dire que deux Planétes, qui ſe meuvent dans deux ellipſes dont les foyers ſont communs, ayent leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs rayons vecteurs (*b*). C'eſt-là un point de Phyſique dont je vous abandonne très volontiers la diſcuſſion. Vous avez ſeulement voulu ſçavoir ſi j'étois au fait des loix de Képler ; cette lettre vous prouvera qu'elles ne me ſont pas inconnues. Vous pouvez commencer, lorſque vous le jugerez à propos, à

me rendre compte de l'Opuscule de Newton sur le systéme du monde. J'attens vos lettres avec la dernière impatience. Je suis, &c.

Notes pour la première Lettre.

(*a*) Il s'agit de démontrer dans toutes les formes que deux corps qui se meuvent périodiquement dans deux cercles concentriques, ont leur vîtesse en raison inverse des racines quarrées de leurs distances au centre, c'est-à-dire, des racines quarrées de leurs rayons. Je suppose donc le corps A à 1, & le corps B à 4 lieües d'un centre quelconque, autour duquel ils se meuvent périodiquement & circulairement. Je dis que la vîtesse du corps A : à la vîtesse du corps B : : $\sqrt{4} = 2 : \sqrt{1} = 1$. Je nomme u la vîtesse du corps A, r le rayon du cercle qu'il parcourt, V la vitesse du corps B, R le rayon du cercle où il se meut; la proposition sera démontrée si ma dernière équation est celle-ci, $u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}$.

1°. La force centripéte du corps A est exprimée par la fraction $\frac{uu}{r}$, & celle du corps B par la fraction $\frac{VV}{R}$. Consultez la note seconde de la lettre suivante.

2°. Les forces centripétes des corps A & B sont

en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au centre, ou des quarrés de leurs rayons. Voyez la lettre ſuivante. Donc l'on aura la proportion ſuivante $\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: R^2 : r^2$.

3°. C'eſt de cette proportion que l'on tire les équations qui forment la démonſtration que l'on cherche. En voici la preuve ſenſible.

$$\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: R^2 : r^2.$$

$$\frac{uur^2}{r} = \frac{VVR^2}{R}.$$

$$uur = VVR.$$

$$uu : VV :: R : r.$$

$$u : V :: \sqrt{R} : \sqrt{r}.$$

4°. Cette dernière proportion prouve évidemment que les vîteſſes des corps A & B qui ſont ſuppoſés ſe mouvoir dans deux cercles concentriques, ont leur vîteſſe en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances au centre.

(*b*) La ſeconde loi de Képler ne ſe vérifie que dans deux points de l'ellipſe ; ce ſont les deux points des diſtances moyennes. Voici donc comment il faut énoncer cette loi, lorſqu'il s'agit de deux planétes qui parcourent des ellipſes autour du Soleil ; *les quarrés des tems périodiques des planétes qui ſe meuvent elliptiquement autour d'un foyer commun, ſont comme les cubes de leurs diſtances moyennes*

à ce foyer. Dans tous les autres points de l'ellipſe la ſeconde loi de Képler n'eſt pas exactement vraie. Mais pourquoi dans les diſtances moyennes la loi ſe vériſie-t-elle ? C'eſt que la Planéte ſe meut alors dans ſon ellipſe, comme ſi elle ſe mouvoit dans un cercle qui eut pour centre le foyer, & pour rayon le rayon vecteur de la Planéte. En effet, il eſt démontré dans tous les élémens de Planimétrie que l'aire d'une ellipſe eſt égale à l'aire d'un cercle dont le diamétre ſeroit moyen proportionnel entre le grand & le petit axe de l'ellipſe en queſtion. Auſſi les Aſtronomes trouvent-ils par la méthode ſuivante la diſtance moyenne de l'ellipſe A B P D (Fig. 2. Pl. 2.). Ils prennent une ligne quelconque B F qui ſoit moyenne proportionnelle entre A C & C O. Du foyer F, à l'intervalle F B, ils décrivent le cercle B M D N qui coupe l'ellipſe A B P D aux deux points B & D. Ils aſſurent que la Planéte ſe trouve à ſa diſtance moyenne, lorſqu'elle eſt arrivée aux points d'interſection B & D. Dans ces deux points, *diſent-ils*, la Planéte qui parcourt l'ellipſe A B P D, ſe meut comme ſi elle ſe mouvoit dans le cercle B M D N, parce que ſon rayon vecteur B F eſt en même tems rayon de ce cercle ; donc il y a deux points dans les ellipſes où les planétes ont un véritable mouvement circulaire ; donc il y a deux points dans les ellipſes où la ſeconde loi de Képler ſe vériſie auſſi exactement que dans le cercle. Cette

note doit être relue, lorſqu'on aura lu la troiſième lettre de ce ſecond livre, dans laquelle on explique la formation phyſique de l'ellipſe. On comprendra alors ſans peine que la ſeconde loi de Képler ne peut ſe vérifier, que lorſque les Planétes qui parcourent des ellipſes, ſont arrivées à l'une de leurs diſtances moyennes.



LETTRE SECONDE.

Ancienneté du systéme de Copernic. Image sensible des mouvemens des corps célestes. Examen de la force centripéte, & du changement qu'elle éprouve. Conformité des loix de la force centripète avec les loix de l'attraction Newtonienne. Examen de ces loix & conséquences qu'il faut en tirer. Masses des corps célestes. Volumes des mêmes corps. Méthode pour trouver leurs densités. Tems que méttroit une Planéte abandonnée à sa gravité, pour arriver au centre de son mouvement. Attraction particulière des corps sublunaires comparée avec l'attraction générale de la Terre.

VOtre dernière lettre me met bien à mon aise, mon cher Chevalier. Je sçais maintenant comment il faut vous écrire. Un Physicien aussi au fait que vous l'êtes, des loix de Képler, entend les choses à demi mot. Je n'oublierai pas cependant

que nous devons mettre au jour notre commerce épiſtolaire, & que tous nos lecteurs n'auront pas en Phyſique les grandes avances que vous y avez ; nous n'aurons que trop ſouvent le déſagrément d'être jugés par des hommes qui n'auront pas la moindre teinture de cette ſcience. Il ne faut pas que ces ſortes de perſonnes s'attendent à lire ce ſecond livre de la vie littéraire de Newton avec autant de facilité qu'ils ont lu la vie littéraire de Deſcartes , & qu'ils liront le troiſième volume de cet Ouvrage. Je tâcherai cependant de parler avec clarté. Auſſi me ſuis-je déterminé à vous envoyer dans les cinq lettres ſuivantes le commentaire, & non pas l'abrégé du Traité de Newton ſur le ſyſtéme général du monde.

Le Philoſophe Anglois prétend d'abord que ce que nous entendons en Phyſique par le *Syſtéme de Copernic* , eſt un ſyſtéme peut-être auſſi ancien que le Monde. Philolaüs, Ariſtarque, Platon, Pythagore, Numa Pompilius, voilà quelques Philoſo-

phes qu'il met au rang des défenſeurs de la mobilité de la Terre autour du Soleil Il veut même que Numa n'ait fait conſtruire à Rome le temple de Veſta, & qu'il n'ait placé un feu perpétuel au milieu de cette eſpèce de Rotonde, que comme un Symbole du Soleil immobile au centre du Monde. Ce ſont les Égyptiens que Newton regarde comme les pères de ce beau ſyſtéme. Il ſe plaint avec raiſon d'Anaxagore, & de Démocrite qui les premiers l'ont abandonné, pour enſeigner l'immobilité de la Terre. Il paroît indigné contre Eudoxe, Calyppe & Ariſtote qui, pour ne pas ſoutenir que les Cieux fuſſent fluides, n'ont pas fait difficulté de placer les Cométes au-deſſous de la Lune. Enfin il donne à Képler, à Deſcartes, à Borelli, à Hook & à tous les Phyſiciens qui ont tenté d'expliquer méchaniquement les mouvemens des Aſtr , les louanges qui leur ſont dûes. Newton, après cette eſpèce d'exorde, déclare qu'il va examiner avec toute l'attention dont il ſera capable, les

forces dont les Planétes & les Cométes sont animées dans leur cours. Suivons-le pas à pas dans sa marche aussi géométrique que physique. Il ne paroit jamais plus grand, que lorsqu'il calcule les mouvemens des cieux.

Imaginez-vous, mon cher Chevalier, une montagne très-élevée au-dessus de la surface de la Terre. Supposez pour un moment qu'il se trouve sur le sommet de cette montagne un canon très-bien chargé. Si l'on tire ce canon, qu'arrivera-t'il ? Le boulet partira, & il parcourra une ligne courbe, avant que de tomber sur la surface de notre globe. Je le demande à tout Physicien attentif; ce boulet, tout le tems qu'il décrit cette courbe, n'est-il pas comme animé de deux forces, l'une de gravité qui le porte vers le centre de la Terre, l'autre horizontale qui l'en éloigne ? Ce n'est pas encore tout; n'est-il pas évident que ce boulet continueroit éternellement à décrire cette courbe, en parcourant des aires proportionnelles aux

tems, & qu'il deviendroit par conséquent comme Satellite de la Terre, si la force horizontale, communiquée par la poudre, étoit aussi peu détruite par la résistence de l'air, que l'est la force centripéte, communiquée par la gravité. C'est-là, mon cher Chevalier, l'image sensible de tous les mouvemens de ces globes qui roulent majestueusement sur nos têtes. Si la Lune tourne circulairement autour de la Terre, c'est qu'avec sa force de gravitation vers le centre de notre globe, elle a reçu du Créateur un mouvement horizontal, ou de projection que le fluide dans lequel elle se trouve, ne peut jamais altérer sensiblement. Si la Terre tourne périodiquement autour du Soleil, c'est que la force de projection l'empêchera toujours d'obéir entièrement à la force qui la fait tendre vers le centre de cet Astre. Ainsi s'expliquent non-seulement les mouvemens des autres Planétes principales autour du Soleil, mais ceux encore des satellites autour des Planétes principales.

Comme la force centripéte, quelle qu'en ſoit la cauſe, n'eſt rien moins qu'uniforme, puiſqu'elle eſt tantôt plus grande & tantôt plus petite, ſuivant que le corps eſt à une plus petite, ou à une plus grande diſtance du centre de ſon mouvement; Newton a dû commencer par déterminer le changement qu'elle éprouve. Auſſi a-t-il avancé poſitivement, que cette force eſt en raiſon inverſe des quarrés des diſtances au centre (*a*). Si je parlois à un Phyſicien de deux jours, je lui expliquerois fort au long quel changement annonce cette manière de s'exprimer; mais je vous connois, & vous voyez auſſi bien que moi que, pour que la force centripéte ſoit en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, il faut qu'un corps à 1 lieüe tende 4 fois plus vers le centre qu'à 2; 9 fois plus à 1 lieüe qu'à 3; 16 fois plus à 1 lieüe qu'à 4 &c. Une pareille aſſertion demande une démonſtration dans toutes les formes. Newton nous avertit dans l'Opuſcule dont je vous rends compte, qu'il l'a donnée dans le corol-

laire 6e de la proposition 4e de son livre des Principes. C'est ici qu'il me paroit qu'il convient de la placer. Voici donc comment je m'y prens pour démontrer cette proposition fondamentale dans le systéme du Philosophe Anglois; j'espére m'exprimer un peu plus clairement que lui.

La Lune est unc orps sphérique à peu prés cinquante fois moindre en volume que celui de la Terre, autour de laquelle elle tourne circulairement dans l'espace de 27 jours, 7 heures, 43 minutes, à la distance de 60 rayons terrestres, ou d'environ quatre-vingt dix mille lieues. Cet Astre a donc une véritable force qui le fait tendre vers le centre de la Terre; & vous aurez le chemin précis que feroit pendant une minute, pour s'approcher de ce centre, la Lune abandonnée à sa gravité, si vous prenez la peine de diviser le quarré de sa vîtesse pendant une minute, par le diamétre du cercle qu'elle parcourt. C'est-là la régle que nous donnent tous les Géométres; régle infaillible, puisqu'elle est appuyée, sur

la démonſtration la plus palpable (*b*). Si vous voulez enſuite tirer de cette même régle le changement de la gravité ou de la force centripéte en raiſon inverſe des quarrés des diſtances au centre, vous n'aurez, mon cher Chevalier, qu'à vous rappeller les notions ſuivantes.

1°. Le rayon de l'orbite lunaire eſt préciſément de 60, & ſon diamétre de 120 rayons terreſtres.

2°. Le rayon terreſtre étant d'environ 1500 lieues, le diamétre de l'orbite lunaire eſt donc d'environ 180000 lieues, leſquelles réduites en pieds, à raiſon d'environ 14000 pieds chacune, valent 24649 92000 pieds.

3°. Puiſque toute circonférence circulaire eſt ſenſiblement triple de ſon diamétre, la circonférence de l'orbite lunaire doit être de 540000 lieues, ou de 739 4976000 pieds.

4°. La Lune parcourt ſon orbite dans l'eſpace de 39343 minutes. L'on aura donc l'eſpace qu'elle parcourt dans une

minute -, en faiſant la régle ſuivante ; 39343 minutes : à 7394976000 pieds : : 1 minute : à l'eſpace cherché, c'eſt-à-dire, 187900 pieds.

5°. Le quarré de 187900 eſt 353064 10000.

6°. Une minute eſt regardée comme un tems infiniment petit, ſi on la compare avec tout le tems qu'employe la Lune à parcourir ſon orbite. Le quarré de 187-900 pieds nous repréſente donc le quarré de la vîteſſe de la lune pendant une minute.

7°. Pour avoir le chemin que feroit, pour s'approcher de la Terre, la Lune abandonnée pendant une minute à ſa ſeule gravité, il faut diviſer le quarré de l'eſpace qu'elle parcourt pendant une minute, c'eſt-à-dire, 35306410000, par la valeur du diamétre de l'orbite lunaire, c'eſt-à-dire, par 2464992000 ; & le quotient 15 vous donnera ce que vous demandez. Ces principes une fois ſuppoſés, voici comme vous devez raiſonner.

Il eſt donc décidé que la Lune, à la diſtance de 60 rayons terreſtres, ne parcourroit que 15 pieds dans la première minute, ſi elle étoit abandonnée à ſa ſeule force centripéte. Il eſt encore décidé que nos corps graves, éloignés du centre de la Terre d'un rayon terreſtre, en parcourroient 54000, s'ils continuoient de tomber pendant une minute de tems, puiſqu'ils parcourent 15 pieds dans la première ſeconde (*c*). Il eſt enfin décidé que le nombre 54000 eſt préciſément 3600 fois plus grand que 15; donc la Lune éloignée du centre de la terre de 60 rayons terreſtres a 3600 fois moins de gravité, que nos corps ſublunaires éloignés du même centre d'un ſeul rayon; donc l'on peut faire la proportion ſuivante, la gravité des corps ſublunaires éloignés du centre de la Terre d'un rayon terreſtre : à la gravité de la lune éloignée du même centre de 60 rayons : : le quarré de 60 = 3600 : au quarré de 1 = 1. Mais c'eſt-là ſuivre préciſément la raiſon inverſe des quarrés des

diſtances au centre ; donc la force centripéte des corps ſuit préciſément cette raiſon.

Newton remarque très-à-propos, dans cet opuſcule, que les tems périodiques des Planétes ne ſeroient pas comme les racines quarrées des cubes de leurs diſtances au Soleil, ſi leurs forces centripétes n'étoient pas préciſément en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au centre du même Aſtre. Vous devez comprendre mieux que bien d'autres, mon cher Chevalier, la bonté de ce raiſonnement. Je ſçais que vous êtes très au fait des deux loix de Képler. Or la ſeconde de ces loix ſuppoſe les vîteſſes des Planétes en raiſon inverſe des racines quarrées de leurs diſtances ; & ce changement de vîteſſe ſuppoſe le changement de leur force centripéte en raiſon inverſe des quarrés des mêmes diſtances. Mais enfin dès qu'on a une bonned émonſtration d'une vérité, qu'eſt-il néceſſaire d'en aller chercher deux ? Il eſt démontré que la Lune tournant autour de la Terre, a une force centripéte en raiſon

inverſe des quarrés des diſtances au centre de notre globe ; il eſt donc démontré que les Planétes tournant autour du Soleil, & les Satellites tournant autour de leurs Planétes principales, ont à l'égard de leur centre reſpectif une force qui éprouve le même changement.

Pour bien connoitre la force avec laquelle un Satellite péſe vers la Planéte autour de laquelle il circule, ne vous contentez pas, mon cher Chevalier, d'être au fait de ſa diſtance, ayez encore égard à la maſſe placée au centre de ſon mouvement. Le même Satellite, à la même diſtance de la maſſe A & de la maſſe B, peſera dix fois plus vers la première que vers la ſeconde, ſuppoſé que celle-ci ait dix fois moins de matière que celle-là. Auſſi les Newtoniens ont-ils coutume d'avancer que la force centripéte de tout corps qui circule, eſt toujours proportionnelle à la maſſe autour de laquelle il ſe meut, diviſée par le quarré de ſa diſtance au centre de cette même maſſe. Ils préſentent

cètte régle ſous la formule du monde la plus ſimple ; la voici. $p = \frac{M}{DD}$. Dans cette formule *p* marque une force centripéte quelconque ; M une maſſe quelconque placée à un centre quelconque ; D D le quarré d'une diſtance quelconque à ce centre.

La première conſéquence que vous devez tirer de tout ceci, c'eſt que ſi nous nommons avec Newton *corps attirant*, tout corps vers lequel d'autres paroiſſent tendre ; *corps attiré*, tout corps qui tend vers un autre ; nous avons raiſon d'aſſurer que l'attraction ſuit toujours la raiſon directe de la maſſe du corps attirant, & la raiſon inverſe du quarré de la diſtance qu'il y a entre le corps attiré & le corps attirant. L'attraction paſſive d'un corps qui tend vers un autre ſera donc, de même que la force centripéte, exprimée par la formule $p = \frac{M}{DD}$.

La ſeconde conſéquence que vous pourrez tirer, ne ſera pas moins directe que

la première. Je ſuppoſe deux ſphéres homogénes de différente groſſeur ; je ſuppoſe, par exemple, que la première A, (Fig. 4 Pl. 2) ait mille fois plus de matière que la ſeconde B (Fig. 5 Pl. 2). Il eſt évident que deux corps égaux C & D, placés ſur leur ſurface, ne ſeront pas également attirés au centre de ces deux ſphéres. Si l'on demande la différence qu'il y a entre la manière dont ils ſont attirés, je répondrai ſans héſiter qu'elle eſt préciſément la même que celle qui ſe trouve entre leurs rayons. Si la ſphére A, par exemple, a un rayon dix fois plus grand que la ſphére B, le corps C placé ſur la ſurface de la ſphére A, ſera dix fois plus attiré que le corps D placé ſur la ſurface de la ſphére B. (*d*).

La troiſième conſéquence que vous tirerez, c'eſt que deux corps égaux qui ſe trouvent dans l'intérieur d'une ſphére homogéne, à différentes diſtances du centre, ſont attirés vers ce centre en raiſon directe de leur éloignement ; le corps M, par

exemple, éloigné d'une lieue du centre de la ſphére, ſera une fois moins attiré que le corps N qui en eſt éloigné de deux : Pourquoi ? parceque les attractions particulières de toutes les parties qui ſont moins enfoncées qu'eux, étant comptées pour rien, les deux corps M & N ſe trouvent comme ſur la ſurface de deux ſphéres homogénes de différente groſſeur ; ils doivent donc peſer vers le centre en raiſon directe des rayons de ces deux ſphéres, c'eſt-à-dire, en raïſon directe de leurs diſtances. Il n'eſt pas néceſſaire de vous faire remarquer que dans ce cas-ci, comme dans le précédent, les diſtances ſe confondent avec les rayons.

Ici ſans doute vous ne manquerez pas de me demander, mon cher Chevalier, pourquoi, ſi je place dans l'intérieur d'une ſphére de trois lieuës de rayon le corps S à deux lieuës du centre, les attractions de toutes les particules qui ſont moins enfoncées que ce corps, ſeront comptées pour rien. J'ai vû des perſonnes qui ne

pouvoient pas comprendre ce méchanisme ; je ne vois pas cependant qu'il soit bien inintelligible. Plaçons ce corps dans la partie supérieure de la Sphére A, (Fig. 6 Planche 2) ; le corps S sera beaucoup plus attiré vers le point E par les particules placées entre B & C, que vers le point 6 par celles qui se trouvent entre D & F ; les attractions particulières de celles-ci détruiront donc une partie des attractions particulières de celles-là ; le reste sera détruit par les attractions particulières des particules placées entre B & D, & entre C & F, dont les unes font tendre le corps S vers le point N, & les autres vers le point M. Donc l'on a raison de compter pour rien, par rapport au corps S, toutes les attractions particulières des particules de la sphére qui sont plus éloignées que lui, du centre A. (*e*)

La quatrième conséquence se présente comme d'elle-même. Un corps placé au centre de la sphére homogéne A, (Figure 6. Planche 2.) seroit destitué de toute

toute la pesanteur que cette sphére peut lui communiquer. Pourquoi ? parce que les attractions des parties placées à l'orient seroient détruites par les attractions des parties placées à l'occident, & les attractions des parties placées au midi seroient détruites par les attractions des parties placées au nord.

Enfin la cinquième & la dernière conséquence que je tirerai, sera celle-ci ; tout corps attiré par une sphére homogéne, doit tendre à son centre. Vous en voyez la raison, mon cher Chevalier ; ce corps dont vous connoissez l'inertie est en même tems attiré par chaque particule dont la sphére est composée. Comment obéira-t-il à toutes ces différentes directions ? Ce ne sera sans doute qu'en tendant vers un point commun, qui ne peut être que le centre de la sphére.

Newton toujours entouré de caractéres algébriques ou arithmétiques, examine ensuite, mon cher Chevalier, la différence qu'il y a entre les forces attrac-

ves des corps céleſtes. Il compare d'abord celle du Soleil avec celle de Jupiter, & il trouve que le Soleil a une force attractive onze cent fois plus grande que celle de Jupiter. Peut-être ſerez-vous curieux de ſçavoir comment il a pu venir à bout de réſoudre ce probléme. Voici ſa méthode elle eſt infaillible. Il nous fait d'abord remarquer que la diſtance moyenne du 4e ſatellite de Jupiter au centre de ſa planéte principale : à la diſtance moyenne de Vénus au centre du Soleil : : 124 : 7234. Cela eſt vrai à peu de choſe près, puiſque ce quatrième ſatellite eſt, dans ſa diſtance moyenne, à environ trois cens quatre-vingt dix mille lieües du centre de Jupiter, & Venus à environ vingt-deux millions de lieües du centre du Soleil.

Il ajoute que le tems périodique du quatrième ſatellite eſt de ſeize jours & $\frac{3}{4}$, & que celui de Venus eſt de 224 jours & $\frac{2}{3}$.

Il aſſure enfin que, pour connoitre la manière dont un corps qui circule, gra-

vite vers le centre de ſon mouvement, il faut diviſer ſa diſtance au centre par le quarré de ſon tems périodique (*f*). Newton a appliqué cette régle aux deux corps céleſtes dont nous parlons. Il a d'abord diviſé par le quarré de 16 $\frac{3}{4}$ la diſtance du quatrième ſatellite de Jupiter, repréſentée par 124. Il a fait la même opération ſur la diſtance de Vénus repréſentée par 7234, qu'il a diviſée par le quarré de 224 $\frac{2}{3}$; & comme il a trouvé que ces deux fractions étoient entr'elles comme 442 eſt à 143, il a conclu que le quatrième ſatellite gravitoit au moins trois fois plus vers Jupiter que Vénus ne gravite vers le Soleil. Il a plus fait; il a examiné quelle ſeroit la gravitation du ſatellite, s'il étoit auſſi éloigné de Jupiter, que l'eſt Vénus du Soleil; & il a trouvé qu'à cette diſtance la gravitation du ſatellite vers Jupiter : à la gravitation actuelle de Vénus vers le Soleil : : 1 : 1100; c'eſt-là ce qui l'a fait conclure que le Soleil a une force attractive onze cent fois plus

grande que celle de Jupiter, & que par conséquent celui-là a onze cent fois plus de matière que celui-ci. Ne croyez pas, mon cher Chevalier, que cette dernière découverte ait été bien difficile à faire. Newton n'a eu qu'à former la proportion suivante; le quarré de la nouvelle distance du quatrième satellite de Jupiter, représenté par le quarré de 7234 : au quarré de son ancienne distance, représenté par le quarré de 124 : : l'ancienne gravitation du satellite de Jupiter, représentée par 442 : à un quatrième terme qui donne la nouvelle gravitation de ce satellite. Ce quatrième terme est la fraction $\frac{13}{100}$. Donc si le quatrième satellite de Jupiter étoit aussi loin de sa planéte principale, que Vénus l'est du Soleil, l'on auroit la proportion suivante; la gravitation du quatrième satellite vers Jupiter : à la gravitation de Vénus vers le soleil : : $\frac{13}{100}$: 143. Mais $\frac{13}{100}$: 143 : : 1 : 1100. Donc si le quatrième satellite étoit aussi éloigné de Jupiter, que Vénus l'est du Soleil, il graviteroit onze cent fois

moins vers sa planéte principale, que Vénus ne gravite vers le Soleil. Donc le Soleil a une force attractive onze cent fois plus forte que celle de Jupiter.

Vous comprenez, mon cher Chevalier, que Newton n'a pas oublié de comparer la force attractive du Soleil avec la force attractive de la Terre. Il a trouvé celle-là deux cent vingt-neuf mille quatre cent fois plus forte que celle-ci. En effet la distance de la Lune à la Terre suivant Newton : à la distance de Vénus au Soleil : : 29 ; 7233. Divisez donc 29 par le quarré du tems périodique de la Lune, c'est-à-dire, par le quarré de 27 jours $\frac{1}{3}$; divisez ensuite 7233 par le quarré du tems périodique de Vénus, c'est-à-dire, par le quarré de 224 jours $\frac{2}{3}$; vous aurez deux fractions qui seront entr'elles à peu près comme 1 est à 4. Donc la Lune gravite actuellement quatre fois moins vers la Terre, que Vénus ne gravite vers le Soleil. Donc si la Lune étoit aussi éloignée de la Terre, que l'est Vénus du Soleil, elle gra-

viteroit environ deux cent vingt-neuf mille quatre cent fois moins vers le centre de notre globe, que Vénus ne gravite vers celui du Soleil. Donc la force attractive de la Terre : à la force attractive du Soleil : : 1 : 229400.

Enfin Newton, après nous avoir averti que la distance du quatrième satellite de Saturne au centre de sa Planéte principale : à la distance de Vénus au Soleil : : $92 \frac{2}{5}$: 7234 ; & après avoir ajouté que le tems périodique de ce satellite est de 15 jours, 22 heures & 40 minutes, conclut que la force attractive du Soleil : à la force attractive de Saturne : : 2360 : 1. Je sçais que sa régle lui donne ce résultat. Mais je sçais aussi que la masse du Soleil : à la masse de Saturne : : le cube de la distance de Vénus, divisé par le quarré de son tems périodique : au cube de la distance du quatrième satellite, divisé par le quarré de son tems périodique (*g*). Or cette dernière proportion me donne la masse du Soleil environ onze cens fois

plus groſſe, & non pas deux mille, trois cens ſoixante fois plus groſſe que la maſſe de Saturne. Il faut donc qu'il y ait quelque erreur ou dans la diſtance que Newton donne à ce ſatellite, ou dans le tems périodique qu'il lui aſſigne.

J'ai examiné la choſe avec toute l'attention dont j'ai été capable, & j'ai trouvé que Newton avoit donné trop de diſtance à Vénus, & trop peu non-ſeulement au quatriéme ſatellite de Saturne, mais encore au quatrième ſatellite de Jupiter, & à la Lune. En effet les Aſtronomes modernes qui font le rayon du grand orbe de 1000 parties égales, repréſentent la diſtance de Vénus au Soleil par 723, celle du quatrième ſatellite de Jupiter par 13, celle de la Lune par 3, & celle du quatrième ſatellite de Saturne par 12. Donc Newton qui a fait le rayon du grand orbe de 10000 parties égales, auroit dû repréſenter ces 4 diſtances par 7230, par 130, par 30 & par 120 : au lieu de les repréſenter par 7234, par 124, par 29

& par $92\frac{2}{5}$. Voilà en deux mots la cause de son erreur. C'est après l'avoir corrigée que j'ai trouvé les masses des Corps célestes, à peu près dans la proportion suivante.

Soleil	Jupiter	Saturne	la Terre
1	$\frac{1}{949}$	$\frac{1}{1092}$	$\frac{1}{207194}$

Ces masses, mon cher Chevalier, ne s'accordent guères avec les volumes des Corps célestes. Le Soleil, par exemple, dont le volume est, suivant tous les Astronomes, un million de fois plus gros que celui de la Terre, n'a guères que deux cent mille fois plus de matière que le globe que nous habitons. Aussi ce profond Physicien a-t-il donné, dans la proposition huitième du livre troisième des Principes, une régle infaillible pour trouver les densités différentes du Soleil, & de la plupart des Planétes. Cette méthode consiste à chercher d'abord les poids de deux corps égaux transportés sur les surfaces de deux sphéres, dont on connoit la

quantité de matière & les rayons. Ce premier probléme n'eſt pas difficile à réſoudre. Le poids du corps A poſé ſur la ſurface du Soleil : au poids du corps B poſé ſur la ſurface de la Terre : : la maſſe du Soleil diviſée par le quarré de ſon rayon, c'eſt-à-dire, $\frac{207194}{10000}$: à la maſſe de la Terre diviſée par le quarré de ſon rayon, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{1} = 1$. Mais $\frac{207194}{10000}$: 1 : : environ 21 : 1. Donc ſi le corps A, & le corps B égaux en maſſe étoient poſés, l'un ſur la ſurface du Soleil, & l'autre ſur la ſurface de la Terre, celui-là peſeroit vingt & une fois plus que celui-ci. Il n'eſt pas néceſſaire de vous faire remarquer, mon cher Chevalier, que je repréſente le quarré du rayon du Soleil par 10000, & le quarré du rayon de la Terre par 1, parce que le rayon du Soleil = 150000 lieües : au rayon de la Terre = 1500 lieües : : 100 : 1. (*h*).

Ce probléme une fois réſolu, vous raiſonnerez ainſi avec Newton. Si le Soleil & la Terre avoient la même denſité, le So-

leil auroit un million de fois plus de matière que la Terre. Il auroit donc fallu faire, pour trouver dans cette hypothése les poids des corps A & B, la proportion suivante ; le poids du corps A posé sur la surface du Soleil : au poids du corps B posé sur la surface de la Terre : : $\frac{1000000}{10000} = 100 : \frac{1}{1} = 1$; ce qui, dans le cas d'une égale densité, vous auroit non-seulement donné le poids du corps A cent fois plus grand que le poids du corps B, mais encore vous auroit appris que dans ce même cas les poids de ces deux corps étoient en raison directe des rayons des sphéres sur lesquelles on les avoit supposés placés. Donc dans le cas d'une inégale densité l'on dira ; le poids du corps A posé sur la surface du Soleil : au poids du corps B placé sur la surface de la Terre : : le rayon du Soleil multiplié par sa densité : au rayon de la Terre multiplié par sa densité. Donc la densité du Soleil : à la densité de la Terre : : le poids du corps A divisé par le rayon du Soleil : au poids du

corps B diviſé par le rayon de la Terre. Donc en général la denſité d'une Planéte eſt proportionnelle au poids d'un corps tranſporté ſur la ſurface de cette Planéte, & diviſé par le rayon de cette même Planéte (*i*). Cette régle nous donne les denſités de la Terre, du Soleil, de Jupiter & de Saturne comme

Terre	Soleil		Jupiter	Saturne
1	$\frac{1}{5}$	ou à peu près	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$

Vous pourrez donc aſſurer, ſans craindre de vous tromper, mon cher Chevalier, non-ſeulement que la Terre eſt au moins quatre fois, pour ne pas dire cinq fois plus denſe que le Soleil, mais encore que celui-ci, quoiqu'aſſez rare en lui-même, l'eſt cependant un peu moins que Jupiter, & Jupiter un peu moins que Saturne. Newton prétend que ces deux Planétes trop éloignées du Soleil, & par conſéquent très peu échauffées par les rayons de cet aſtre, ne contiennent preſque point de particules métalliques. Il n'en eſt pas

ainsi de Vénus & de Mercure qu'il regarde comme beaucoup plus denses que la Terre. Il explique beaucoup mieux sa pensée dans le corollaire 4 de la proposition 8 du livre 3 des Principes. Voici à peu près comment il s'exprime. Les Planétes qui sont plus près du Soleil, sont aussi plus denses; elles devoient donc être placèes à différentes distances de cet Astre, afin que chacune, à raison de sa densité, fût plus ou moins échauffée par le Soleil. Si la Terre étoit placée à l'orbe de Saturne, notre eau seroit perpétuellement gelée; & si la Terre étoit dans l'orbe de Mercure, toute l'eau s'évaporeroit dans l'instant. Car la lumière du Soleil, à laquelle la chaleur est proportionnelle, est sept fois plus dense dans Mercure, que sur la Terre: & j'ai éprouvé par le Thermométre que, lorsque la chaleur étoit sept fois plus forte que celle du Soleil dans notre été, elle faisoit bouillir l'eau dans l'instant. Il n'est pas douteux que la matière de Mercure ne soit proportionnée à la cha-

leur qu'il éprouve, & que par conséquent elle ne soit plus dense que celle de la Terre; car plus la matière est dense, plus il faut de chaleur pour produire les mêmes effets.

Toutes ces découvertes intéressantes ont dû naturellement conduire Newton à l'éxamen du tems que mettroit un corps libre pour se rendre sur la surface de celui qui l'attire. Il nous fait d'abord remarquer que deux corps de différente masse, placés dans le vuide à égale distance du centre de la Terre, tomberoient avec la même vîtesse sur la surface de notre globe. Cette remarque est juste. Chaque particule insensible de chacun de ces corps reçoit la même vîtesse accélératrice, puisque cette espèce de vîtesse est proportionnelle à la masse attirante divisée par le quarré de la distance qui sépare le corps attiré du corps attirant; donc ces deux corps devroient dans le vuide tomber sur la Terre avec la même vîtesse. L'expérience vient ici très à propos au secours du rai-

ſonnement. Dans un récipient exactement purgé d'air, on voit tous les jours une plume tomber auſſi vîte, qu'un morceau de fer, ou d'or très conſidérable. Voila, pour le dire en paſſant, mon cher Chevalier, ce qui m'a fait d'abord ſoupçonner que la gravité dépendoit d'une cauſe générale. Si cet effet, *me diſois-je à moi-même*, étoit produit par une cauſe ſeconde, immédiate & méchanique qui pouſsât les corps ſublunaires vers le centre de notre globe, la vîteſſe accélératrice ſe communiqueroit à peu près comme la vîteſſe horizontale. Je pouſſe horizontalement avec 10 dégrés de vîteſſe la boule A de 10 livres, & la boule B de 5; cette vîteſſe ſe communique tellement, que chaque partie de la boule B en reçoit une fois plus que chaque partie de la boule A. Il n'en eſt pas ainſi, ſi ces deux boules, placées dans le vuide, tombent à égale diſtance ſur la ſurface de la Terre; chaque partie de la boule A recevra autant de vîteſſe que chaque partie de la boule

B, ſoit que ces deux boules, ſous différentes maſſes, aient le même, ſoit qu'elles n'aient pas le même volume. Donc la vîteſſe accélératrice ne peut pas être produite par une cauſe ſeconde, immédiate & méchanique; donc elle eſt l'effet immédiat de la cauſe première qui la produit en vertu d'une loi générale.

Newton demande enſuite combien de tems emploiroit, pour arriver au centre de ſon mouvement, une Planéte abandonnée à ſa ſeule force de gravité. Il répond qu'il faut d'abord chercher le tems périodique de cette Planéte, à une diſtance ſous double de celle où elle ſe trouve actuellement; & il ajoute que la moitié de ce tems périodique donnera celui de la chûte perpendiculaire de la Planéte en queſtion. Il me paroit, mon cher Chevalier, que l'on peut réſoudre ce problême d'une manière plus ſimple & plus facile. Voici le raiſonnement que je fais. La Planéte A, (Fig. 9 Pl. 2) abandonnée à ſa ſeule force de gravité, parcour-

roit A P dans le même tems qu'elle parcourt l'arc A G, en vertu des deux forces dirigées ſuivant les lignes A M & A P. Donc la Planéte A, abandonnée à ſa ſeule force de gravité, parcourroit A C, c'eſt-à-dire, arriveroit au centre de ſon mouvement dans le même tems qu'elle parcourt le quart de cercle A V. Donc, pour arriver au centre de ſon mouvement, une Planéte, abandonnée à ſa ſeule force de gravité, emploiroit à peu près le quart de ſon tems périodique, en ſuppoſant qu'elle parcourre une orbite à peu près circulaire. La Lune, par exemple, qui parcourt une orbite ſenſiblement circulaire dans l'eſpace de 27 jours, 7 heures, & 43 minutes, demeureroit, ſi elle étoit pouſſée par la ſeule force centripéte, environ 6 jours & 20 heures pour arriver juſqu'au centre de la Terre, c'eſt-à-dire, pour parcourir l'eſpace d'environ quatre vingt-dix mille lieües. La Terre par la même raiſon, abandonnée à ſa ſeule force centripéte, demeureroit environ trois mois à tomber dans le Soleil &c.

Newton, avant que d'en venir aux grands phénoménes qu'offre, à des yeux physiciens, le systéme général de l'Univers, demande pourquoi nous n'appercevons pas sur la Terre les effets de l'attraction mutuelle que les corps particuliers doivent naturellement exercer les uns sur les autres. La réponse à cette espèce d'objection se présente d'elle-même. La Terre, *dit-il*, étant un corps incompréhensiblement plus gros que quelque corps sublunaire que l'on puisse assigner, il est nécessaire que son attraction générale absorbe tellement toutes les attractions particulières, qu'elle les rende absolument insensibles. Plaçons, par exemple, le corps A sur une sphére d'un pied de diamétre, & supposons que la matière dont cette sphére est composée soit parfaitement homogéne avec celle qui compose la Terre; qu'arrivera-t-il? Le diamétre de la Terre étant environ vingt millions de fois plus grand que le diamétre de cette sphére particulière, & les corps placés sur les sur-

faces de deux ſphéres homogénes étant attirés en raiſon des diamétres de ces mêmes ſphéres (*); il eſt évident que le corps A ſera vingt millions de fois plus attiré par la Terre, que par la ſphére d'un pied de diamétre ; en faut-il tant pour rendre inſenſible l'attraction de cette petite ſphére? Voilà , mon cher Chevalier, ce que je regarde comme les points les plus faciles du ſyſtéme général de l'Univers ; auſſi Newton les a-t-il traités dans les 23 premières pages de l'Opuſcule dont j'ai commencé à vous rendre compte. Ce qui fait la matière des 48 pages ſuivantes eſt d'une toute autre difficulté. Newton y approfondit les 4 queſtions les plus embrouillées que l'on puiſſe propoſer en Phyſique; elles vont faire les ſujets des 4 lettres ſuivantes. Je ſuis &c.

(*) Voyez la Note *d*.

Notes pour la ſeconde Lettre.

(*a*) La raiſon inverſe & la raiſon réciproque ſont préciſément la même choſe. Or 4 termes ſont

en raiſon réciproque, lorſque 1°. ils forment une proportion géométrique; lorſque 2°. le premier & le dernier terme appartiennent à une quantité; & le ſecond avec le troiſième à une autre. Le poids A de 1 & le poids B de 2 livres, *par exemple*, appliqués aux deux extrémités d'un levier, ne ſont en équilibre, que lorſqu'ils ont leurs maſſes en raiſon inverſe de leurs diſtances au point d'appui, c'eſt-à-dire, lorſque l'on peut faire la proportion ſuivante; la maſſe du corps A : à la maſſe du corps B : : comme la diſtance du corps B au point d'appui du levier : à la diſtance du corps A au même point d'appui. En effet pour mettre ces deux poids en équilibre, il faut mettre le corps A d'une livre à 2 pieds, & le corps B de 2 livres à 1 pied du point d'appui; & l'on peut aſſurer alors que la diſtance du corps A au point d'appui l'emporte autant ſur la diſtance du corps B au même point d'appui, que la maſſe de celui-ci l'emporte ſur la maſſe de celui-là. Cet arrangement marque évidemment une raiſon inverſe; puiſque le premier & le dernier termes de cette proportion apparriennent au corps A, & le ſecond avec le troiſième au corps B. L'on trouve dans le corps de la lettre une foule d'exemples de la raiſon inverſe des quarrés des diſtances.

(*b*) Il faut démontrer que la force centripéte *p* d'un corps quelconque A qui parcourt le cercle DAEC, (Fig. 3. Pl. 2), eſt dans tous les

points de cette courbe, égale au quarré de la vîtesse u de ce corps, divisé par le diamétre d du cercle parcouru. Il faut donc que la démonstration finisse par cette équation $p = \frac{uu}{d}$.

1°. Je suppose infiniment petit l'arc A H que le corps A parcourt dans un tems infiniment petit. Dès-lors l'arc A H représentera la vîtesse, & le quarré de A H le quarré de la vîtesse de ce corps.

2°. L'arc infiniment petit A H doit être regardé comme une ligne droite, & l'angle C du triangle A H C peut passer pour nul sensiblement.

3°. Dans le triangle A H C l'angle H est droit sensiblement, puisqu'il ne lui manque, pour être droit réellement, qu'une quantité infiniment petite, je veux dire, la valeur de l'angle C.

4°. Les deux triangles AHF & A H C ont l'angle A commun.

5°. Le premier de ces deux triangles a l'angle F droit, & le second a l'angle H sensiblement droit; donc ces deux triangles sont sensiblement équiangles, *par le corollaire 3 de la proposition 32 du 1 livre d'Euclide.*

6°. *Par la proposition 4 du 6 liv. du même Auteur*, deux triangles équiangles ont leurs côtés homologues proportionnels, donc l'on peut faire la proportion suivante; A F, petit côté de triangle A H F : à A H, petit côté de grand triangle A H C : : A H, grand côté du petit triangle A H F : à A C, grand côté du grand triangle A H C,

Mais A F $=p$, puiſque A F repréſente la force centripéte du corps A décrivant l'arc A H; A H $=u$, puiſque A H eſt l'eſpace parcouru par le corps A dans un tems infiniment petit ; A C $=d$, puiſque A C eſt le diamétre du cercle D A E C; donc l'on peut faire la proportion ſuivante; $p:u::u:d$; donc $pd=uu$; donc $p=\frac{uu}{d}$; donc la force centripéte p d'un corps quelconque A qui parcourt un cercle, eſt dans tous les points de cette courbe égale au quarré de la vîteſſe de ce corps diviſé par le diamétre du cercle parcouru.

7°. Lorſqu'on compare les deux forces centripétes de deux corps qui parcourent des cercles concentriques, on peut diviſer les quarrés des vîteſſes par les rayons des cercles parcourus, parce que les diamétres ſont comme les rayons. Auſſi voit-on ſouvent $p=\frac{uu}{r}$, au lieu de $p=\frac{uu}{d}$. La premiére équation marque la force centripéte rélative, & la ſeconde la force centripéte abſolue.

8°. Comme dans le cercle la force centrifuge eſt toujours égale à la force centripéte, parce que le corps qui circule ſe trouve toujours à la même diſtance du centre de circulation ; il s'enſuit que dans le cercle tout ce qu'on a dit de la force centripété pourra s'appliquer à la force centrifuge.

(*c*) Il eſt démontré dans tous les élémens de Statique, que les eſpaces parcourus par un corps qui tombe librement en vertu de ſa gravité, à commencer du premier inſtant de ſa chûte, répondent aux quarrés des tems employés à les parcourir; donc le quarré de la première ſeconde : au quarré de 60 ſecondes : : l'eſpace parcouru dans la première ſeconde : à l'eſpace parcouru dans 60 ſecondes; donc 1 : 3600 : : 15 : 54000; donc, puiſque nos corps graves, tombant librement en vertu de leur gravité, parcourent, près de la ſurface de la Terre, 15 pieds dans la première ſeconde; ils en parcourroient 54000, s'ils continuoient de tomber pendant 60 ſecondes, ou une minute de tems.

(*d*) Si quelqu'un ſouhaite la démonſtration directe de cette dernière propoſition, qu'il appelle P l'attraction paſſive du corps C : R ſa diſtance au centre de la ſphére A; RR le quarré de cette diſtance; M la maſſe de la ſphére A; *p* l'attraction paſſive du corps D; *r* ſa diſtance au centre de la ſphére B; *rr* le quarré de cette diſtance; *m* la maſſe de la ſphére B. Il aura les deux équations ſuivantes, $P = \frac{M}{RR}$ & $p = \frac{m}{rr}$. Mais les ſphéres ſont comme les cubes de leurs rayons; donc il pourra ſubſtituer R^3 à M, & r^3 à *m*; donc $P = \frac{R^3}{R^2}$ & $p = \frac{r^3}{r^2}$; donc $P = R$, & $p = r$; donc $P : p :: R : r$, c'eſt-à-dire, l'attraction paſſive du corps

C : à l'attraction passive du corps D : : le rayon de la sphére A : au rayon de la sphère B.

(*e*) Newton, pour prouver dans la proposition 73 du livre 1 des Principes, que les attractions particulières des particules de matière comprises entre les circonférences D R A S & C M N O, (Fig. 7 Pl. 2), ne doivent être comptées pour rien, se sert de la proposition 70 du même livre dans laquelle il a démontré que la matière comprise dans l'espace D C G n'attire pas plus le corps C que la matière comprise dans l'espace A C B. Ce n'est pas là ce que l'on demande. Il faut démontrer que la matière comprise dans l'espace D C G n'attire pas plus le corps C que la matière comprise dans l'espace A N M B. Le P. Morand, Professeur de Mathématique au Collége d'Avignon, m'a communiqué la démonstration suivante. Elle me paroit préférable à celle du Physicien Anglois. La voici,

Je suppose le corps C au sommet de cone A C B (Fig. 8 Pl. 2) ; je dis que ce corps est autant attiré par la matière comprise dans l'espace D C G, que par la matière comprise dans l'espace A G D B. Pour le démontrer, voici comment je procéde. 1°. je divise la ligne E C en 2 parties égales au point F. 2°. Je prens la hauteur infiniment petite E K de la surface circulaire A B H I, égale à la hauteur infiniment petite F T de la surface circulaire G K D L. Je dis que la quantité de matière comprise dans l'espace A H B I attirera au-

tant le corps C, que la quantité de matière comprise dans l'espace G K D L.

Démonstration. 1°. AE : GF :: EC : FC, parce que les triangles A E C & G F C sont semblables. Donc $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2 :: \overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$.

2°. La surface circulaire A B H I : à la surface circulaire GKDL :: $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2$, parce que les aires circulaires sont comme les quarrés de leurs rayons. Mais $\overline{AE}^2 : \overline{GF}^2 :: \overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$, (*num.* 1) Donc la surface circulaire A B H I : à sa surface circulaire G K D L :: $\overline{EC}^2 : \overline{FC}^2$. Donc l'on poura prendre $\overline{EC}^2$ pour la surface A B H I, & $\overline{FC}^2$ pour la surface G K D L.

3°. Pour trouver la quantité de matière renfermée dans l'espace A B H I, je multiplie cette surface par sa hauteur E K. De même pour avoir la quantité de matière renfermée dans l'espace G K D L, je multiplie cette surface par sa hauteur F T. Donc le solide A B H I $= \overline{EC}^2 \times EK$, & le solide GKDL $= \overline{FC}^2 \times FT$.

4°. La manière dont le corps C est attiré par le solide A B H I est proportionnelle à la quantité de matière de ce solide, divisée par le quarré de la distance E C. Donc la manière dont le corps C est attiré par le solide A B H I est représentée par la fraction $\frac{\overline{EC}^2 \times EK}{\overline{EC}^2} = EK$.

5°. La manière dont le corps C est attiré par le solide

ſolide G K D L ſera par la même raiſon repréſentée par la fraction $\frac{\overline{FC}^2 \times FT}{\overline{FC}^2} = FT$. Donc la manière dont le même corps C eſt attiré par le ſolide A B H I : à la manière dont ce même corps C eſt attiré par le ſolide G K D L : : E K : F T. Mais par ſuppoſition E K = F T. Donc le corps C eſt autant attiré par le ſolide GKDL que par le ſolide A B H I.

6°. Comme par ſuppoſition E F = F C, je ferai autant de ſolides égaux en hauteur dans l'eſpace A B G D, que dans l'eſpace D C G ; & ces ſolides pris de deux en deux attirant également le corps C, il s'enſuit évidemment que ce corps n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace D C G, que par la matière compriſe dans l'eſpace A B G D.

7°. Faiſons au-deſſous du corps C le cone C M N préciſément égal au cone D C G ; il eſt évident que le corps C n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace CMN, que par la matière compriſe dans l'eſpace A B G D. Or la matière compriſe dans l'eſpace C M N de la figure 8 ſuppoſe pour la matière compriſe dans l'eſpace C D G de la figure 7ᵉ ; & la matière compriſe dans l'eſpace A B G D de la figure 8, ſuppoſe pour la matière compriſe dans l'eſpace A N M B de la figure 7 ; donc dans la figure 7ᵉ, le corps C n'eſt pas plus attiré par la matière compriſe dans l'eſpace D C G, que par la matière compriſe dans l'eſpace ANMB.

Donc Newton a eu raiſon d'avancer que lorſqu'un corps ſe trouve dans l'intérieur d'une ſphére homogéne, les attractions particulières des particules de matière qui ſont moins enfoncées que lui, doivent être comptées pour rien.

(*f*) La viteſſe V eſt toujours égale à l'eſpace E diviſé par le tems T, donc $V = \frac{E}{T}$. Comme il s'agit ici du mouvement circulaire, les eſpaces ſont des circonférences de cercle, leſquelles ſont entre elles comme leurs rayons; donc la viteſſe V ſera égale à l'eſpace R diviſé par le tems T; donc $V = \frac{R}{T}$; donc $VV = \frac{RR}{TT}$.

La force centripéte p d'un corps qui circule autour d'un autre eſt toujours proportionnelle au quarré de ſa viteſſe VV diviſé par le rayon R (*b*); donc $p = \frac{VV}{R}$. Mais $VV = \frac{RR}{TT}$; donc $p = \frac{RR}{RTT}$; donc $p = \frac{R}{TT}$; donc la force centripéte d'un corps qui circule eſt toujours proportionnelle à ſa diſtance au centre, diviſée par le quarré de ſon tems périodique. Dans cette occaſion la diſtance ſe confond avec le rayon du cercle parcouru.

(*g*) Pour démontrer que la maſſe ou la quantité de matière d'un corps central eſt toujours proportionnelle au cube de la diſtance de ſon ſatellite, di-

visé par le quarré du tems périodique de ce même satellite, voici comment je m'y prens. 1°. La force centripéte p d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle à la masse attirante M, divisée par le quarré de la distance, ou du rayon R de l'orbite que parcourt ce même satellite ; donc $p = \frac{M}{RR}$.

2°. La force centripéte d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle au quarré de sa vitesse V, divisé par le rayon R de l'orbite parcourue ; donc $p = \frac{VV}{R}$.

3°. Par la note précédente, $VV = \frac{RR}{TT}$, donc $p = \frac{RR}{TTR} = \frac{R}{TT}$, donc la force centripéte d'un satellite quelconque est toujours proportionnelle à sa distance divisée par le quarré de son tems périodique.

4°. $p = \frac{M}{RR}$, & $p = \frac{R}{TT}$; donc $\frac{M}{RR} = \frac{R}{TT}$, donc $M = \frac{R^3}{TT}$, donc la masse d'un corps central est toujours proportionnelle au cube de la distance de son satellite, divisé par le quarré du tems périodique de ce même satellite.

(*h*) Pour démontrer que le poids d'un corps est toujours proportionnel à la masse de la sphére sur laquelle il se trouve, divisée par le quarré du rayon

de la même ſphére, je nomme P le poids, ou la force centripéte du Corps A poſé ſur la ſurface du Soleil; M la maſſe du Soleil; D ou R la diſtance; DD ou RR le quarré de la diſtance du corps A au centre du Soleil. Je nomme encore p le poids, ou la force centripéte du corps B poſé ſur la ſurface de la Terre; m la maſſe de la Terre; d ou r la diſtance; dd ou rr le quarré de la diſtance du corps B au centre de la Terre.

Par la note 7e, $P = \frac{M}{RR}$, & $p = \frac{m}{rr}$; donc $P : p :: \frac{M}{RR} : \frac{m}{rr}$. Donc le poids du corps A: au poids du corps B :: la maſſe du Soleil diviſée par le quarré de ſon rayon: à la maſſe de la Terre diviſée par le quarré de ſon rayon.

La note quatrième nous a déja appris que ſi le Soleil & la Terre étoient homogénes & de la même denſité, l'on auroit la proportion ſuivante $P : p :: R : r$.

(*i*) Cette régle ſe démontre en algébre de la maniere la plus claire. Nommons P le poids du corps A; R le rayon du Soleil; D ſa denſité. Nommons encore p le poids du corps B, r le rayon de la Terre, d ſa denſité.

1°. Par la note précédente, l'on dira dans le cas d'une égale denſité, $P : p :: R : r$. Donc dans le cas d'une inégale denſité l'on devra dire $P : p :: RD : rd$.

2°. P : p :: RD : rd, donc l'on formera les équations ſuivantes.

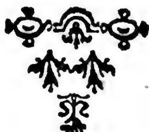
$$Prd = pRD$$

$$D : d :: Pr : pR$$

$$D : d :: \frac{Pr}{Rr} : \frac{pR}{Rr}$$

$$D : d :: \frac{P}{R} : \frac{p}{r}$$

Cette dernière proportion prouve à quiconque ſçait les élémens de l'Algébre, que la denſité du Soleil : à la denſité de la Terre : : le poids d'une maſſe quelconque tranſportée ſur la ſurface du Soleil, diviſé par le rayon de cet Aſtre : au poids d'une maſſe égale placée ſur la ſurface de la Terre, diviſé par le rayon terreſtre ; donc en général la denſité d'une Planéte eſt proportionnelle au poids d'une maſſe quelconque tranſportée ſur la ſurface de cette Planéte, diviſé par le rayon de cette même planéte.



LETTRE TROISIÉME.

Principes nécessaires pour l'explication de l'ellipse. Force de projection, force centripéte & force centrifuge de tout corps qui décrit une circonférence elliptique. Ellipses planétaires. Différence qu'il y a entre ces ellipses & celles qui sont parfaitement géométriques. Cause de cette différence.

LEs 4 questions dont je vous ai parlé à la fin de ma dernière lettre, mon cher Chevalier, sont, il est vrai, bien embroüillées, mais elles sont aussi bien intéressantes. Elles roulent sur les ellipses parcourues par les Planétes du premier & du second ordre, les mouvemens de la Lune, le flux & le reflux de la mer, le cours des Cométes. Examinons d'abord dans cette lettre par quel méchanisme les Planétes parcourent des ellipses autour d'un foyer commun, ou plutôt examinons d'a-

bord quelle eſt la formation phyſique de l'ellipſe conſidérée en général. Ne craignez pas que j'entre dans des détails minutieux ; je ſçais que vous avez lu les ſections coniques de M. le Marquis de l'Hôpital.

Newton aſſure, à la 25ᵉ page de l'opuſcule dont je vous rends compte, que les Planétes du premier ordre parcourent autour du Soleil des orbes elliptiques, en gardant avec aſſez d'exactitude la première loi de Képler. *Circa ſolem hoc modo libratum revolvuntur cæteri Planetæ in orbibus ellipticis, &, radiis ad ſolem ductis, deſcribunt areas temporibus proportionales quam proximè.* C'eſt-là s'exprimer d'une manière bien laconique. Je ſçais qu'il a prouvé cette proportion dans cent endroits de ſon livre des Principes ; mais je ſçais auſſi qu'il n'a jamais plus beſoin de Commentaire, que dans ces ſortes d'occaſions. Voyons ſi nous pourrons parler plus clairement que lui. C'eſt ſur l'ellipſe conſidérée en général que j'ai promis de vous entretenir. Je vais, pour me rendre plus

intelligible, poser auparavant quelques Principes avoués de tous les Méchaniciens.

1°. Tout mouvement qui se fait dans la direction du rayon vecteur, soit que le corps qui se meut, s'approche, soit qu'il s'éloigne du centre, s'appelle mouvement *paracentrique.* Si, par-exemple, tandis qu'une main fait tourner la baguette A C (Fig. 1. Pl. 3.) autour du centre C, la bale A qui enfile cette baguette, s'approche peu-à-peu par sa gravité de ce centre; l'on dira que la bale A est comme animée de deux mouvemens, l'un paracentrique & l'autre circulaire.

2°. Une courbe non circulaire peut-être décrite en vertu d'un mouvement paracentrique & de plusieurs mouvemens circulaires. Telle est la courbe A B D, (Fig. 1. Pl. 3.) elle a été décrite par la bale A en vertu des mouvemens circulaires A E, B F, & du mouvement paracentrique de cette bale qui l'a mise toujours plus près du centre C, en la plaçant d'abord au point B, & ensuite au point D. Dans cette

occasion le mouvement circulaire a tenu lieu de force de projection, & le mouvement paracentrique de force centripéte.

3°. Les vitesses circulaires A E, B F sont en raison inverse des rayons vecteurs de la courbe non circulaire A B D, c'est-à-dire, A E : B F : : C D : C B. En voici la démonstration géométrique. Les arcs AB & B D sont supposés parcourus en tems égaux par la bale A; donc, *par la première loi de Kepler*, les aires triangulaires A B C & B C D sont égales; donc la hauteur du triangle B C D doit autant l'emporter sur la hauteur du triangle A B C, que la base B C de celui-ci l'emporte sur la base C D de celui-là; donc les triangles A B C & B C D ont leur hauteur en raison inverse de leur base. Mais l'arc circulaire A E marque la hauteur du triangle A B C, puisqu'il est perpendiculaire sur sa base prolongée C B, & qu'étant infiniment petit, il peut être regardé comme une ligne droite. Par la même raison l'arc circulaire B F marque la hauteur du trian-

gle BCD. De plus les bases CB & CD sont deux véritables rayons vecteurs. Donc les vitesses circulaires AE, BF sont en raison inverse des rayons vecteurs de la courbe ABD.

4°. La force centrifuge de la bale A parcourant la courbe ABD, a pour cause les vitesses circulaires AE, BF; puisque cette bale abandonnée à son mouvement paracentrique, bien loin de tendre à s'échapper par les tangentes de la courbe ABD, se rendroit au centre C par un mouvement uniformément accéléré.

De ces Principes que je viens de poser, il suit évidemment, mon cher Chevalier, que toute courbe elliptique peut être considérée comme formée par un mouvement paracentrique, & par différens mouvemens circulaires qui soient en raison inverse des rayons vecteurs de l'ellipse. Cela n'empêche pas cependant que nous ne puissions examiner quelle est la force de projection, & quelle est la force centripéte de tout corps qui décrit une circonférence ellipti-

que ; les Planétes n'en décrivent pas d'autres. Voici quelques Aſſertions qu'il ſeroit difficile de révoquer en doute.

Aſſertion 1. Le corps A (Fig. 2. Pl. 3.) décrit l'ellipſe A B C D en vertu de deux mouvemens, l'un conſtant & uniforme, dirigé ſelon la ligne A H, s'appelle mouvement de projection ; l'autre variable dirigé au foyer F, ſelon la ligne A F, ſe nomme mouvement centripéte. Vous avez dans ma lettre précédente les preuves de cette aſſertion.

Aſſertion 2. Le corps A a reçu, pour décrire l'ellipſe A B C D, moins de mouvement de projection, qu'il n'en auroit reçu, s'il avoit dû décrire le cercle AMRN, dont le centre eſt le foyer F, & le rayon la ligne A F, c'eſt-à-dire, la diſtance de l'aphélie A au foyer F. En effet l'ellipſe A B C D eſt plus courbe que le cercle A M R N ; donc le corps A qui gravite au point F, ſoit qu'il décrive l'ellipſe, ſoit qu'il décrive le cercle dont nous parlons, doit avoir reçu moins de mouvement

de projection pour décrire la première, qu'il n'en auroit reçu, s'il avoit dû décrire la seconde de ces deux courbes. La conséquence est évidente pour quiconque fait attention que le mouvement de projection est une obstacle à la courbure d'une ligne, de quelque espèce qu'elle soit. L'on a donc raison d'assurer en général que dans toute ellipse la force de projection est moindre, que dans un cercle qui auroit pour centre le foyer de l'ellipse, & pour rayon la distance de l'aphélie à ce même foyer.

De cette seconde Assertion je tire, mon cher Chevalier, deux conséquences que vous m'accorderez sans peine. La première est celle-ci. Si le corps A décrivoit le cercle AMRN, il auroit reçu une vitesse de projection suivant la ligne AH, égale à la vitesse qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon AF, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon (*a*). Donc le corps A décrivant l'ellipse ABCD, doit

avoir reçu une viteſſe de projection moindre que celle qu'il auroit acquiſe en tombant librement ſelon le rayon vecteur A F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon vecteur.

La ſeconde conſéquence ſera auſſi directe que la première. Puiſqu'à l'aphélie A, l'angle H A F, formé par A H, ligne de direction de la force de projection, & par A F, ligne de direction de la force centripéte, eſt un angle droit; l'angle L S F formé par les deux lignes de direction des deux mêmes forces, ſera aigu. Pourquoi? parce que dans l'ellipſe la force centripéte du corps A infléchira plus, au ſecond inſtant, la ligne de direction de la force de projection de ce même corps, qu'elle ne l'auroit infléchie, s'il avoit parcouru le cercle A M R N. Mais ſi le corps A avoit parcouru le cercle A M R N, ſa force centripéte auroit infléchi, au ſecond inſtant, à angle droit la ligne de direction de ſa force de projection, parce que dans tous

les points du cercle la tangente & le rayon forment un angle droit ; donc dans l'ellipse cette même force centripéte infléchira, au second instant, à angle aigu la ligne de direction de la force de projection du corps A ; donc l'angle L S F est aigu. Aussi tous les méchaniciens assurent-ils que dans l'ellipse l'angle formé par les directions des deux forces, est droit à l'aphélie & au périhélie, & aigu de l'aphélie au périhélie. Je vous prouverai bientôt que cet angle est obtus, du périhélie à l'aphélie.

Assertion 3. Le corps A a reçu, pour décrire l'ellipse A B C D, plus de mouvemens de projection, qu'il n'en auroit reçu, si, placé au périhélie C, il avoit du décrire le cercle K T V I qui a pour centre le foyer F, & pour rayon la ligne C F, distance du périhélie C au même foyer F. Pourquoi ? parce que l'ellipse A B C D est moins courbe, que le cercle K T V I. Aussi les Méchaniciens assurent-ils que dans toute ellipse la force de projection est plus grande que dans un cercle qui auroit pour

centre le foyer, & pour rayon la distance du périhélie au foyer de l'ellipse.

Les deux conséquences que vous tirerez de cette troisième Assertion, se présentent comme d'elles-mêmes. Voici la première. Si le corps A placé au périhélie C, décrivoit le cercle K T V I, il auroit reçu une vîtesse de projection, suivant la ligne C X, égale à la vîtesse qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon C F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon (*b*). Donc le corps A décrivant l'ellipse A B C D, doit avoir reçu une vîtesse de projection plus grande que celle qu'il auroit acquise en tombant librement selon le rayon vecteur C F, & en parcourant par un mouvement uniformément accéléré la moitié de ce rayon vecteur.

La seconde conséquence est aussi très-immédiate. Puisqu'au périhélie C l'angle F C X est droit, l'angle F V E sera obtus. Pourquoi? parce que dans l'ellipse la force centripéte du corps A infléchira moins la

ligne V E, ſuivant laquelle eſt dirigée la force de projection, qu'elle ne l'auroit infléchie, ſi ce corps avoit parcouru le cercle K T V I. Mais ſi le corps A placé au point C, avoit parcouru le cercle K T V I, ſa force centripéte auroit infléchi à angle droit la ligne V E, parce que dans tous les points du cercle la tangente & le rayon forment un angle droit; donc dans l'ellipſe cette même force centripéte infléchira à angle obtus la ligne V E; donc l'angle F V E ſera obtus. Auſſi eſt-il sûr que dans l'ellipſe l'angle formé par les directions des deux forces eſt obtus, du périhélie à l'aphélie.

Il y a encore, mon cher Chevalier, une conſéquence générale que vous tirerez de la ſeconde & de la troiſième Aſſertion; c'eſt que les Planétes ne décrivent des ellipſes autour du Soleil d'Occident en Orient, que parce qu'elles ont reçu de la cauſe première moins de force de projection, qu'il ne leur en faudroit pour décrire autour du Soleil un cercle qui eût pour rayon leur

diſtance aphélie, & plus de force de projection, qu'il ne leur en faudroit pour décrire autour du même Aſtre un cercle qui eût pour rayon leur diſtance périhélie. Ce *moins* & ce *plus* me font ſoupçonner que le corps A qui décrit l'ellipſe A B C D, a reçu une viteſſe de projection ſelon la ligne A H, à peu près égale à la vîteſſe qu'il auroit acquiſe en tombant librement, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié de la ligne AO, c'eſt-à-dire, le quart du grand axe A C.

Aſſertion 4. La force centripéte du corps A décrivant l'ellipſe A B C D, eſt dirigée au foyer F, & elle eſt en raiſon inverſe des quarrés des diſtances à ce même foyer. La preuve de cette aſſertion eſt dans la lettre précédente.

Aſſertion 5. Dans le corps A décrivant l'ellipſe A B C D, la force centrifuge provenant des différens mouvemens circulaires qui ont concouru avec le mouvement paracentrique à former cette ellipſe, eſt en raiſon inverſe des cubes des diſtances au

foyer F, c'eſt-à-dire; des cubes des rayons vecteurs. En effet des vîteſſes en raiſon inverſe des diſtances produiſent une force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances (*c*). Mais les vîteſſes circulaires dont il s'agit ici, ſont en raiſon inverſe des diſtances; comme nous l'avons démontré au commencement de cette lettre (*num.* 3.); donc elles doivent produire dans le corps A, qui décrit l'ellipſe A B C D, une force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances au foyer F, ou des cubes des rayons vecteurs A F, S F, &c. donc le corps A, à une lieuë du foyer F, aura huit fois plus de force centrifuge qu'à 2 lieuës.

De cette cinquième aſſertion vous conclurrez, mon cher Chevalier, que le corps A doit franchir le périhélie C avec toute la facilité poſſible. En effet la force centripéte du corps A augmentant en raiſon inverſe des ſimples quarrés, & ſa force centrifuge en raiſon inverſe des cubes des diſtances au foyer F, cette dernière force doit être terrible au point C; elle doit

donc, pour éloigner le corps A du foyer F, le faire monter du périhélie C à l'aphélie A.

Tout ce que je vous ai dit de l'ellipſe conſidérée en général, vous pourriez l'appliquer aux ellipſes planétaires, ſi les Planétes & les Cométes n'exerçoient aucune eſpèce d'attraction les unes ſur les autres. Saturne, par exemple, décriroit une véritable ellipſe autour du Soleil, s'il n'y avoit dans le Firmament que le Soleil & cette Planéte. Mais par combien de Cométes, dans l'eſpace de 30 années, Saturne n'eſt-il pas dérangé ? Combien de fois Jupiter en conjonction avec lui, ne vient-il pas, en l'attirant, augmenter ſa force centripéte vers le Soleil ? Il en eſt à peu près de même des autres Planétes. Voilà pourquoi, *dit Newton*, ces Aſtres ne gardent pas dans toute l'exactitude géométrique la première loi de Képler, *radiis ad ſolem ductis, deſcribunt areas temporibus proportionales quamproximè. Si .... Planetæ cæteri non agerent in ſe invicem, forent orbes elliptici & areæ*

temporibus proportionales exactè.

C'eſt à l'action mutuelle de Planétes les unes ſur les autres, qu'il faut attribuer le mouvement de leurs aphélies. Jupiter, par exemple, dont la groſſeur vous eſt déja connue, ne peut pas ſe trouver entre Mars & Saturne, qu'il ne les attire à lui. Il ne peut pas les attirer à lui, ſans diminuer la gravité du premier vers le Soleil, & ſans augmenter la gravité du ſecond vers le même Aſtre. Il ne peut pas diminuer la gravité, ou la force centripéte de Mars vers le Soleil, que cette Planéte n'arrive plus tard à ſon aphélie ; parce qu'un Aſtre n'arrive à ſon aphélie, que lorſque ſa force centripéte a obligé la ligne de direction de la force de projection à faire avec le rayon vecteur un angle droit, d'obtus qu'il étoit un peu auparavant. Je vous ai déja fait remarquer que l'inflexion plus ou moins grande de la ligne de direction de la force de projection, dépendoit du plus ou du moins de force centripéte dans le corps qui ſe meut elliptiquement. Par une

raiſon contraire Jupiter ne peut pas augmenter la force centripéte de Saturne vers le Soleil, ſans obliger cette Planéte à arriver plutôt à ſon aphélie. Auſſi les Aſtronomes ont-ils obſervé que l'aphélie de Mars avoit eu dans l'eſpace de 1561 années un moûvement d'Occident en Orient de 31 degrés, 7 minutes, 34 ſecondes, tandiſque l'aphélie de Saturne en a eu un de 33 minutes d'Orient en Occident dans l'eſpace de 14 ans.

C'eſt à la même cauſe qu'il faut attribuer le mouvement d'Occident en Orient de 25 degrés, 5 minutes que les Aſtronomes ont obſervé dans l'aphélie de Jupiter dans l'eſpace de 1583 ans. Saturne plus éloigné du Soleil, que toutes les autres Planétes, ne peut pas attirer à lui Jupiter, ſans lui cauſer une véritable diminution dans ſa force centripéte ſolaire; il doit donc le faire arriver plus tard à ſon aphélie; il doit donc placer ſon aphélie dans un point plus Oriental de la ſphére; il doit donc enfin communiquer à ſon aphélie un mou-

vement périodique d'Occident en Orient. Je laisse aux Astronomes à calculer quelle est la quantité précise dont les aphélies de Saturne, de Jupiter & de Mars sont dérangés, en vertu de leur attraction mutuelle. Il me suffit de vous faire remarquer, mon cher Chevalier, qu'un systéme dans lequel on explique avec tant d'exactitude les mouvemens presque insensibles des corps célestes, ne peut pas être regardé comme un systéme imaginaire. C'est encore dans ce seul systéme que vous expliquerez sans peine les mouvemens les plus irréguliers de la Lune. J'espére vous le démontrer dans la première lettre que j'aurai l'honneur de vous écrire, Je suis, &c.

Notes pour la troisième Lettre.

(*a*) Il faut d'abord démontrer que dans un corps qui décrit un cercle, la vitesse de circulation est égale à la vitesse que ce corps acquerroit, en tombant librement en vertu de sa pesanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon du cercle qu'il décrit. Pour en venir à bout, je nomme *p* la force centripete du corps

A qui décrit le cercle A D E C, [Fig. 3. Pl. 2.]; u sa vitesse de circulation; uu le quarré de cette vitesse; r le rayon A o; $\frac{r}{2}$ la moitié de ce rayon que le corps A est supposé parcourir par un mouvement uniformément accéléré; t le tems employé à parcourir $\frac{r}{2}$; tt le quarré de ce tems.

Comme il est démontré, dans la note 2 de la lettre précédente, que la force centripéte du corps A décrivant le cercle A D E C, est égale au quarré de sa vitesse de circulation divisé par le diamétre A C; je puis former les trois équations suivantes

$$p = \frac{uu}{2r}$$

$$2pr = uu$$

$$\sqrt{2pr} = u$$

Il s'agit de démontrer maintenant que la vitesse que le corps A acquerroit, en tombant librement en vertu de sa pesanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon A $o = \frac{r}{2}$; il s'agit, dis-je, de démontrer que cette vitesse $u = \sqrt{2pr}$.

1°. Il est démontré dans tous les élémens de Statique que l'espace parcouru par un corps grave est toujours proportionnel à la force de gravité qui le fait tomber, & au quarré du tems que le corps a

employé à parcourir un certain nombre de pieds. Donc $\frac{r}{2} = ptt$.

2°. Il est encore démontré dans les mêmes élémens que le corps A, après avoir parcouru $\frac{r}{2}$ dans le tems t par un mouvement uniformément accéléré, a acquis une vitesse capable de lui faire parcourir dans le même t par un mouvement uniforme un espace double de $\frac{r}{2}$, c'est-à-dire tout le rayon r. Et comme toute vitesse est égale à l'espace parcouru divisé par le tems employé à le parcourir, celle dont il s'agit sera $u = \frac{r}{t}$. C'est de ces deux équations que je tire toute ma démonstration, c'est-à-dire $u = \sqrt{2pr}$.

1°.

$$\frac{r}{2} = ptt$$

$$r = 2ptt$$

2°.

$$u = \frac{r}{t}$$

$$u = \frac{2ptt}{t}$$

$$u = 2pt$$

$$\frac{u}{2p} = t$$

$$\frac{uu}{4pp} = tt$$

Toutes

Toutes ces équations se forment comme d'elles-mêmes. Si l'on reprend maintenant la première équation $\frac{r}{2} = ptt$, & qu'on substitue au quarré tt la valeur qu'on vient de trouver $\frac{uu}{4pp}$; l'on aura

$$\frac{r}{2} = \frac{puu}{4pp}$$

$$\frac{r}{2} = \frac{uu}{4p}$$

$$r = \frac{uu}{2p}$$

$$2pr = uu$$

$$\sqrt{2pr} = u$$

Donc la vitesse qu'acquerroit le corps A en tombant librement en vertu de sa pesanteur, & en parcourant d'un mouvement accéléré $\frac{r}{2}$ seroit représentée par $\sqrt{2pr}$; donc elle seroit égale à la vitesse de circulation du corps A. Mais la vitesse de circulation du corps A est sensiblement égale à sa vitesse de projection; parce que l'arc infiniment petit AH, ligne de direction de la première, est sensiblement égal à AG, ligne de direction de la seconde; & parce que le corps A abandonné à sa seule force de projection parcourroit A G dans le même tems qu'il a parcouru A H, en vertu des deux forces combinées. Donc la vitesse de circulation du corps A est sen-

ſiblement égale à ſa viteſſe de projection. Donc ſi la viteſſe de circulation d'un corps quelconque eſt égale à la viteſſe qu'il acquerroit en tombant librement en vertu de ſa peſanteur, & en parcourant d'un mouvement uniformément accéléré la moitié du rayon du cercle décrit, ſa viteſſe de projection ſera auſſi égale à la viteſſe qu'il acquerroit, &c.

(*b*) Il faut démontrer que des viteſſes en raiſon inverſe des diſtances, ou des rayons vecteurs, produiſent des forces centrifuges en raiſon inverſe des cubes des diſtances, ou des cubes des rayons vecteurs. Voici les équations qui forment cette démonſtration.

$$u : V :: R : r$$

$$uu : VV :: RR : rr$$

$$uurr = VVRR$$

$$\frac{uurrr}{r} = \frac{VVRRR}{R}$$

$$\frac{uu}{r} : \frac{VV}{R} :: RRR : rrr$$

Donc dans l'ellipſe les forces exprimées par $\frac{uu}{r}$ & par $\frac{VV}{R}$ ſont en raiſon inverſe des cubes des rayons vecteurs. Mais $\frac{uu}{r}$ & $\frac{VV}{R}$ marquent des forces centrifuges circulaires, comme il eſt démontré daus la note 2[e] de la lettre précédente; donc dans

l'ellipse les forces centrifuges circulaires, c'est-à dire, les forces centrifuges provenant des différentes vitesses circulaires qui ont concouru avec le mouvement paracentrique à former l'ellipse, sont en raison inverse des cubes des rayons vecteurs de cette ellipse.



LETTRE QUATRIÉME.

Cause des irrégularités dans le mouvement elliptique de la Lune, considéré en général. Augmentation de pesanteur dans la Lune placée aux quadratures. Diminution de pesanteur dans cet Astre placé aux Sizygies. Mouvement de l'Apogée de la Lune. Courbure différente dans son orbite. Mouvement des Nœuds de l'orbite lunaire Précession des Équinoxes causée principalement par la Lune.

SI la Lune étoit le seul Astre qui roulât sur nos têtes, elle décriroit, mon cher Chevalier, d'Occident en Orient, dans l'espace de 27 jours, 7 heures & 43 minutes, une ellipse immobile & réguliere au foyer de laquelle se trouveroit le globe que nous habitons ; & elle garderoit avec l'exactitude la plus géométrique la première loi de Képler. Mais si, dans le tems que la Lune est attirée par la Ter-

re, elle eſt encore attirée par le Soleil; alors cet Aſtre ſera dérangé dans ſon cours périodique, & il ſera ſujet à des variations qu'on n'avoit jamais bien expliquées avant Newton, parce qu'on n'avoit pas fait attention à ce que le Phyſicien Anglois appelle *Force perturbatrice de la Lune.* Cette heureuſe découverte a fait entrer M. de Fontenelle dans une eſpèce d'extaſe. La Lune, *dit-il dans l'éloge hiſtorique que nous avons déja cité ſi ſouvent*, eſt la moins régulière des Planétes; elle échape aſſez ſouvent aux tables les plus exactes, & elle fait des écarts dont on ne connoit point les Principes. Juſqu'à Newton, elle ne s'étoit point laiſſée aſſujettir au frein des calculs, & elle n'avoit été domptée par aucun Aſtronome. Mais elle l'eſt enfin dans le ſyſtéme de l'attraction mutuelle des corps. Toutes les bizareries de ſon cours y deviennent d'une néceſſité qui les fait prédire, & il eſt difficile qu'un ſyſtéme où elles prennent cette forme, ne ſoit qu'un ſyſtéme heureux, ſur-tout ſi on ne le regarde

que comme une petite partie d'un *Tout*, qui embrasse avec le même succès une infinité d'autres explications. Celle du flux & du reflux s'offre si naturellement par l'action de la Lune sur les mers, combinée avec celle du Soleil, que ce merveilleux phénoméne semble en être dégradé. Mais laissons, mon cher Chevalier, le flux & le reflux pour le sujet de la lettre suivante ; ne parlons dans celle-ci que des irrégularités causées dans le mouvement de la Lune par l'attraction que le Soleil exerce sur cet Astre. Les principales sont le mouvement de l'Apogée de la lune, celui de ses nœuds, & la figure irrégulière de son orbite. Ce sont celles-là précisément que je prétends vous expliquer dans cette lettre. Il n'est pas nécessaire de vous rappeller que la Lune est à son Apogée, lorsqu'elle est dans son plus grand éloignement de la Terre, & qu'elle est à son Périgée, lorsqu'elle est dans sa moindre distance de nous. Il seroit encore plus inutile de vous dire que l'orbite lunaire for-

me avec l'Ecliptique un angle de 5 degrés & quelques minutes, & que les deux points où cette orbite coupe l'Ecliptique, s'appellent les nœuds de la Lune. Ce ſont-là des notions enfantines; venons au fait.

Dans la Figure 4 de la Planche 3, le Soleil ſe trouve au point S, & la Terre au point T, autour de laquelle la Lune tourne dans l'orbite C Q O *q*. La Lune au point C eſt en conjonction; au point Q, dans ſa première quadrature; au point O, en oppoſition; au point *q*, dans ſa ſeconde quadrature avec le Soleil. Les points C & O de la conjonction & de l'oppoſition, s'appellent les Sizygies; les points Q & *q* ſe nomment les quadratures de la Lune. Voilà ce que vous ſçavez depuis long-tems, mais voici peut-être ce que vous ne ſçavez pas encore.

Le Soleil attire par la ligne S Q la Lune placée au point Q. Cette action oblique ſe décompoſe en 2 actions, l'une perpendiculaire ſelon la ligne V Q, l'autre horizontale ſelon la ligne Q T. La pre-

mière de ces deux actions n'augmente ni ne diminue la pesanteur de la Lune à l'égard de la Terre ; parce que par cette action la lune est autant attirée par le Soleil que le centre de la Terre T, & qu'elle est attirée par cet Astre dans la même direction que ce centre. Il n'en est pas ainsi de l'action horizontale Q T ; par cette action la Lune est comme pressée vers le centre de la Terre T. La même chose arrive, lorsqu'elle est au point *q*. Aussi les Astronomes assurent-ils que l'attraction du Soleil sur la Lune en quadrature, augmente très sensiblement la pesanteur de ce satellité à l'égard de la Terre. Newton a calculé que cette augmentation étoit d'une 178[e] partie (*a*) de la pesanteur naturelle de la Lune vers la Terre.

Le Soleil attire plus la Lune placée au point C, que la Terre placée au point T, parce que l'attraction suit la raison inverse des quarrés des distances ; aussi cet excès d'attraction diminue-t-il la pesanteur de la Lune vers la Terre, lorsque ce

ſatellite eſt en conjonction avec le Soleil. Il en eſt de même, lorſqu'il eſt en oppoſition avec cet Aſtre, parce qu'alors la Terre plus attirée que la Lune, eſt comme arrachée à ſon ſatellite. Or l'effet doit être le même, ſoit que le Soleil tâche d'arracher la Lune à la Terre, ou la Terre à la Lune. Newton a calculé que cette diminution étoit d'une 89 partie (b), c'eſt-à-dire, que la diminution de peſanteur de la Lune dans les Sizygies étoit double de ſon augmentation dans les quadratures.

Reliſez maintenant, mon cher Chevalier, ce que je vous ai dit à la fin de ma dernière lettre, ſur la mobilité des Aphélies de Saturne, de Jupiter & de Mars. Appliquez-le à la mobilité de l'Apogée de la Lune ; vous tirerez ſans peine les conſéquences ſuivantes.

1°. Lorſque la lune ſe trouve en même tems à ſon Apogée, & dans l'une de ſes ſizygies, cet Apogée doit être placé à un point plus oriental de la ſphére, c'eſt-à-dire, doit avoir un mouvement d'Occident

en Orient, Il doit au contraire être placé dans un point plus Occidental, & avoir par là même un mouvement d'Orient en Occident, lorsqu'il arrive dans le tems des quadratures. Mais comme la diminution de pesanteur de la lune dans les sizygies est double de son augmentation dans les quadratures, l'Apogée lunaire a un mouvement d'Occident en Orient qui lui fait parcourir environ 3 degrés dans chacune de ses révolutions. Je ne prétends pas dire par-là que l'Apogée de la lune parcoure chaque mois trois degrés célestes selon l'ordre des signes, puisqu'il y a certains mois où il se meut contre l'ordre des signes. Je prétends seulement avancer que, si l'on observe cet Apogée après un certain nombre de révolutions, par exemple, après un intervalle de 12 mois, l'on trouvera qu'il a eu un mouvement d'Occident en Orient selon l'ordre des signes d'environ 36 degrès; ce qui donne environ 3 degrés pour chaque révolution lunaire.

2°. Ce que je vous ai dit des sizygies,

doit s'appliquer aux points de l'orbite de la Lune qui ſont plus près des ſizygies, que des quadratures. De même ce que je vous ai dit des quadratures, vous l'appliquerez aux points qui ſont plus près des quadratures que des Sizygies.

3°. L'orbite lunaire doit être plus courbe, ou plus allongée dans les quadratures, que dans les ſizygies, parceque la Lune a plus de force centripéte dans celles-là, que dans celles-ci. Par la même raiſon cette orbite doit être moins courbe, ou plus applatie dans les ſizygies, que dans les quadratures.

4°. Comme le Soleil paroit toujours dans l'Ecliptique, & que la Lune ne s'y trouve que 2 fois chaque mois; il eſt évident que l'attraction ſolaire doit porter continuellement la Lune vers l'Ecliptique. Elle doit donc l'obliger à traverſer plutôt l'Ecliptique, qu'elle ne la traverſeroit, ſi elle décrivoit autour de la Terre une orbite immobile & régulière. Ce paſſage doit donc ſe faire dans un point plus occidental de

la ſphére, parce que le mouvement périodique de la Lune eſt d'Occident en Orient. Mais c'eſt dans ce paſſage que ſont placés les nœuds de l'orbite lunaire ; donc l'attraction que le Soleil exerce ſur la Lune, doit communiquer aux nœuds de ſon orbite un mouvement d'Orient en Occident. Auſſi les Aſtronomes obſervent-t-ils que ces nœuds font une révolution contre l'ordre des ſignes dans l'eſpace de 19 années.

5°. Si vous vous rappellez maintenant, mon cher Chevalier, que la Terre applatie vers ſes poles, eſt comme entourée à ſon équateur d'une eſpèce d'anneau de quelques lieües de hauteur, qui forme avec l'Ecliptique un angle de 23 degrés & demi ; vous ne ſerez pas ſurpris que le Soleil attirant plus cet anneau que le reſte de la Terre, le porte continuellement vers l'Ecliptique, & communique par là même à l'axe terreſtre un mouvement périodique d'Orient en Occident. La Lune qui n'eſt, pour ainſi dire, qu'à quelques pas de nous, a encore plus de part à cet ef-

ſet. Newton a calculé que l'attraction que le Soleil exerce ſur l'anneau dont nous parlons, ne faiſoit mouvoir l'axe terreſtre autour des poles de l'Ecliptique, que de 9 ſecondes, 7 tierces par année; tandisque l'attraction lunaire le fait mouvoir de 40 ſecondes, 52 tierces, & 52 quartes par année. On peut s'en rapporter ſans crainte aux opérations du plus grand calculateur que le Monde ait encore produit. Ce cercle que l'axe de la Terre décrit autour des poles de l'Ecliptique, ne s'acheve que dans l'eſpace de vingt cinq mille, neuf cent vingt années; & il cauſe dans les Etoiles fixes autour des mêmes poles, un mouvement apparent d'Occident en Orient. c'eſt ce mouvement apparent qui ne fait plus paroître les deux conſtellations d'*Aries* & de *Libra* aux points d'interſection de l'équateur avec l'Ecliptique, comme elles paroiſſoient 330 années avant la naiſſance du Meſſie; & c'eſt ce déplacement qui produit la préceſſion des équinoxes, c'eſt-à-dire, qui nous donne le commencement

du Printems, & le commencement de l'Automne environ un mois avant que le Soleil paroiſſe ſous les conſtellations d'*Aries* & de *Libra*. Non, mon cher Chevalier, il n'eſt que le véritable Siſtéme du monde qui puiſſe fournir des explications auſſi claires, & auſſi juſtes des plus difficiles phénoménes de la Nature. J'entre; je vous l'avoue, dans une eſpèce d'extaſe, lorſque je penſe aux découvertes de Newton. Vous y entrerez, j'en ſuis ſur, lorſque vous verrez de quelle manière il explique le flux & le reflux de la Mer. Je vous l'apprendrai dans la lettre ſuivante. Je ſuis, &c.

Notes pour la Lettre quatrième.

(*a*) L'attraction du Soleil ſur la lune placée au point Q (Fig. 4. Pl. 3.), augmente d'une 178e partie la peſanteur naturelle de ce ſatellite vers la Terre. En voici la démonſtration.

1°. Si l'on fait le rayon du grand orbe de 1000 parties égales, l'on aura T S, diſtance de la Terre au Soleil, = 1000. L'on aura encore Q T, diſtance de la Lune au centre de la Terre, = 3.

2°. La Terre emploie 365 jours, 6 heures, 9

minutes, 14 ſecondes à faire ſa révolution autour du Soleil, & la Lune n'emploie que 27 jours, 7 heures, 43 minutes à faire la ſienne autour de la Terre.

3°. Les quarrés de ces deux tems périodiques ſont entr'eux, comme 178, 73 eſt à 1. On peut ſans erreur ſenſible négliger dans cette proportion la fraction décimale $\frac{73}{100}$.

4°. L'on a démontré dans la ſeconde lettre de ce ſecond livre que la force centripéte de la Terre vers le Soleil : à la force centripéte de la Lune vers la Terre :: $\frac{1000}{178} : \frac{3}{1}$. Mais $\frac{1000}{178} : \frac{3}{1} :: 5 + \frac{110}{178}$: 3 ; & $5 + \frac{110}{178}$ eſt à peu près double de 3 ; donc peu s'en faut que la force centripéte de la terre vers le Soleil ne ſoit double de la force centripéte de la Lune vers la Terre.

5°. Puiſque la Terre gravite vers le Soleil ſelon la ligne TS, & que l'augmentation de peſanteur de la Lune vers la Terre, occaſionnée par l'attraction ſolaire, eſt dirigée ſelon la ligne QT; l'on pourra dire, l'augmentation de peſanteur de la lune placée au point Q : à la peſanteur de la Terre vers le Soleil :: QT : TS. Mais QT : TS :: 3 : 1000, ou :: 1 : $333\frac{1}{3}$, (*num.* 1.) Donc l'attraction que le Soleil exerce ſur la Lune placée au point Q, augmente la

pesanteur de la Lune vers la Terre d'une 333e partie de la pesanteur de la Terre vers le Soleil.

6°. La pesanteur de la terre vers le soleil est presque double de la pesanteur de la lune vers la terre, (*num.* 4.) donc l'attraction que le Soleil exerce sur la Lune placée au point Q, augmente la pesanteur de la Lune vers la Terre d'une 178e partie, ou à peu près car elle l'augmenteroit d'une 166e partie, si la pésanteur de la Terre vers le Soleil étoit précisément double de la pésanteur de la Lune vers la Terre.

(*b*) L'attraction que le Soleil exerce sur la Lune placée au point C, ou au point O, diminue la pesanteur naturelle de la Lune à l'égard de la Terre d'une 89e partie. Je le démontre, & je suppose la Lune au point C (Fig. 4. Pl. 3.).

1°. Lorsque 2 quantités ne différent que de très peu de chose, la différence de leurs quarrés est double de la différence de leurs racines. *Exemple.* 1 & 1 $+ \frac{1}{\infty}$ sont deux quantités qui ne différent que de $\frac{1}{\infty}$, grandeur infiniment petite du premier ordre. Leurs quarrés 1 & $1 + \frac{2}{\infty} + \frac{1}{\infty^2}$ différent de $\frac{2}{\infty} + \frac{1}{\infty^2}$. Mais le terme $\frac{1}{\infty^2}$ vis-à-vis $\frac{2}{\infty}$, doit être compté pour rien, parce que c'est une quantité infiniment petite du second ordre, vis-à-vis 2 quantités infiniment petites du premier ordre. Donc les quarrés 1

& $1 + \frac{2}{\infty} + \frac{1}{\infty^2}$ ne différent que de $\frac{2}{\infty}$. Mais leurs racines 1 & $1 + \frac{1}{\infty}$ ne différoient que de $\frac{1}{\infty}$. Donc lorsque 2 quantités ne différent que de peu de chose, la différence de leurs quarrés est double de la différence de leurs racines.

2°. Dans la Figure 4ᵉ de la Planche 3ᵉ, les quantités S T & S C différent dans la réalité de très-peu de chose, parce que l'une représente la distance du Soleil à la Terre, l'autre la distance du Soleil à la Lune; donc la différence de ST^2 à SC^2 sera double de la différence ST à SC. Mais la différence de S T à S C est T C; donc la différence de ST^2 à SC^2 sera 2 T C $=$ C O.

3°. La force centripéte de la Lune en conjonction vers le Soleil S : à la force centripéte de la Terre au même Soleil S :: $ST^2 : SC^2$, c'est-à-dire en raison inverse des quarrés de leurs distances au Soleil S. Donc la différence des quarrés ST^2 & SC^2 marquera l'attraction que le Soleil S exerce sur la Lune placée en C; elle marquera donc la diminution de pesanteur de la Lune en conjonction à l'égard de la Terre. Mais la différence de ST^2 à $SC^2 =$ C O (*num.* 2.); donc C O représente la diminution de pesanteur de la Lune en conjonction à l'égard de la Terre.

4°. Nous avons démontré dans la note précédente (*num.* 5.), que Q T marquoit l'augmentation

de pesanteur de la Lune placée au point Q ; & C O est évidemment double de Q T. Donc la diminution de pesanteur de la Lune au point C est double de son augmentation au point Q ; donc elle est d'une 89e partie.

5°. On appliquera très-facilement cette démonstration à la Lune placée au point O, parce que S T & S C ne diffèrent pas plus que S O & S T.



LETTRE CINQUIÉME.

Principes abſolument néceſſaires pour pouvoir aſſigner les cauſes phyſiques du flux & du reflux de la mer. Explication des principaux phénoménes que nous fournit cette Queſtion. Calcul par lequel on détermine la quantité d'eau élevée par le Soleil & la quantité d'eau élevée par la Lune. Réponſes à quelques difficultés qui paroiſſent naître des explications de Newton.

NE vous attendez pas, mon cher Chevalier, à recevoir une diſſertation compléte ſur les cauſes & les effets du flux & du reflux de la mer. C'eſt une ſimple lettre que je prétends vous envoyer, & non pas un Ouvrage dans les formes qui demanderoit le travail d'une, ou même de pluſieurs années. Ce que vous recevrez aujourd'hui, n'eſt dans le fond qu'une expoſition critique de ce qu'a dit Newton

ſur ce grand phénoméne dans ſon opuſcule ſur le Syſtéme du monde, depuis la page 30 juſqu'à la page 41. Je crois pouvoir me flatter d'avoir rendu cette fois-ci les penſées de cet Auteur d'une manière très-intelligible. Je vous prie, avant que d'entrer en matière, de bien vous mettre au fait de la Figure 3 de la Planche 3. T repréſente le centre de la Terre; C Q O q ſa ſurface que nous ſuppoſerons pour quelques momens toute couverte des eaux de l'Océan; CT eſt le rayon & CO le diamétre terreſtre; L eſt la Lune en conjonction avec le Soleil S, en quadrature avec le Soleil V, & en oppoſition avec le Soleil B. La Lune L eſt nouvelle, ſi l'on ſuppoſe le Soleil au point S; elle eſt dans ſa première quadrature, ſi on le ſuppoſe au point V; & elle eſt pleine, ſi on le ſuppoſe au point B. Les tems de la nouvelle & de la pleine lune ſe nomment les Sizygies. Les eaux C ſont en conjonction avec la Lune L & le Soleil S; les eaux Q ſont en quadrature, & les eaux O en oppoſition avec ces

mêmes aſtres. Les eaux Q ſont en conjonction avec le Soleil V , & en quadrature avec la Lune L. Les eaux O ſont en conjonction avec le Soleil B, & en oppoſition avec la Lune L. La Lune L eſt éloignée de 59 rayons terreſtres des eaux C, de 60 du centre T, & de 61 des eaux O. Enfin le Soleil S eſt éloigné des eaux C de 20625 rayons terreſtres, du centre T de 20626, & des eaux O de 20627. Tout ce détail m'a paru néceſſaire pour entrer dans ies penſées deNewton. Les Principes ſuivans le ſont encore d'avantage.

1°. La Terre T ſe meut ſur ſon axe d'Occident en Orient dans l'eſpace de 24 heures; Donc les eaux C qui à midi ſont en conjonction avec la Lune L, correſpondront à 6 heures du ſoir au point Q, & par conſéquent ſeront en quadrature avec cet Aſtre. A minuit ces mêmes eaux C correſpondant au point O, ſe trouveront en oppoſition avec la lune L. Par la même raiſon elles ſeront encore en quadrature avec cet Aſtre à 6 heures du matin, par-

ce qu'elles correſpondront alors au point *q*.

2°. L'attraction ſe fait en raiſon directe des maſſes, & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances; donc le Soleil S & la Lune L attirent plus les eaux C, que le centre de la Terre T; & ces deux Aſtres attirent plus le centre de la Terre T que les eaux O. Ne parlons pendant quelques momens que de l'attraction de la Lune L, & examinons avec attention quels en ſeront les effets. Il n'eſt pas néceſſaire de faire remarquer qu'il ne s'agit ici que d'une attraction purement relative, & non pas abſolue.

3°. L'action de la Lune L ſur les eaux C, ſur le centre T, & ſur les eaux O eſt une action ſimple, puiſqu'elle leur eſt perpendiculaire. Par cette action, ou plutôt par cette attraction perpendiculaire les eaux C deviennent moins peſantes, puiſque la Lune L faiſant tous ſes efforts pour les enlever, elles gravitent beaucoup moins vers le centre de la Terre T. Il en eſt de même des eaux en oppoſition. La Lune L at-

tirant plus le centre de la Terre T que les eaux O ; elle tâche, pour ainsi dire, de leur arracher ce centre, & elle les empêche par-là même de graviter autant vers lui, qu'elles le feroient sans cette attraction perpendiculaire.

4°. L'action de la Lune L sur les eaux Q, est une action composée, puisqu'elle leur est oblique. Elle se décompose en 2 actions, l'une perpendiculaire représentée par la ligne RQ, l'autre horizontale exprimée par la ligne QT. L'action perpendiculaire de la Lune L sur les eaux Q est comptée pour rien ; elle est précisément égale à celle du même Astre sur le centre T. Il n'en est pas ainsi de son action horizontale QT. Par cette action les eaux Q sont comme pressées vers le centre T, & par-là même elles deviennent plus pesantes, qu'elles ne le seroient sans cette attraction oblique. Il en est de même des eaux *q* sur lesquelles la Lune L agit de la même manière que sur les eaux Q. Tout ce que je viens de vous dire de la Lune pla-

cée au point L, doit s'appliquer avec quelque proportion au Soleil placé au point S.

5°. Il y a deux eſpèces de flux, le vrai flux & le flux par communication. Le Siége du premier ſe trouve ſur les mers dont les eaux ſont élevées par l'action du Soleil & de la Lune. Tel eſt l'Océan dont une partie eſt toujours en conjonction, l'autre en oppoſition & les autres en quadrature avec ces aſtres. Le ſecond a ſon ſiége ſur les mers, les fontaines, les rivières & les fleuves qui communiquent directement & librement avec l'Océan, mais dont les eaux ſont ou trop peu étendues pour que le Soleil & la Lune les attirent inégalement, ou poſées trop obliquement par rapport à ces Aſtres, pour en être attirées ſenſiblement.

De ces Principes inconteſtables il ſuit évidemment, mon cher Chevalier, que les Phénoménes du flux & du reflux de la mer doivent ſe rapporter à trois cauſes. La premiere eſt l'attraction rélative que le Soleil & la Lune exercent ſur la Terre, je veux dire, l'attraction que ces Aſtres exercent

cent ſur les eaux en conjonction comparée avec celle qu'ils exercent ſur le centre de notre globe, & ſur les eaux en oppoſition. La ſeconde eſt l'action perpendiculaire du Soleil & de la Lune ſur certaines eaux, jointe à l'action oblique des mêmes Aſtres ſur certaines autres. La troiſième eſt le mouvement de la Terre ſur ſon axe dans l'eſpace de 24 heures. En effet les eaux Q & *q* étant preſſées vers le centre de la Terre T par l'action oblique de la Lune L & du Soleil S, elles ſe rendront néceſſairement dans les endroits où elles trouveront le moins de réſiſtance; donc elles ſe rendront en partie au point C, & en partie au point O où elles trouveront moins de réſiſtance que par tout ailleurs, parce que dans ces deux points l'action perpendiculaire des deux Aſtres L & S a diminué ſenſiblement leur gravité; donc il doit s'élever aux points C & O deux eſpèces de promontoires liquides, tandiſque la mer ſera ſenſiblement abaiſſée aux points Q & *q*; donc les Principes que je viens

d'admettre, nous donnent nécessairement une partie de la mer en flux & une partie en reflux. Voilà, ce me semble, par-où Newton auroit dû commencer, s'il eût voulu se rendre intelligible. Il me paroit que nous le suivrons maintenant sans peine.

Il nous dit 1°. que la même eau, dans l'espace d'un jour lunaire, doit être deux fois en flux & deux fois en reflux. La chose n'a presque pas besoin d'explication. Toute eau en conjonction & en opposition avec le Soleil & la Lune, est en flux, & toute eau en quadrature avec ces mêmes Astres est en reflux. Mais à cause du mouvement diurne de la Terre, la même eau est dans l'espace d'un jour lunaire une fois en conjonction, une fois en opposition & deux fois en quadrature avec le Soleil & la Lune. Donc, dans l'espace d'un jour lunaire, la même eau doit être deux fois en flux & deux fois en reflux. Vous sçavez, mon cher Chevalier, que le jour lunaire surpasse de 48 minutes le jour solaire. Au reste ce n'est pas sans raison que nous nous

ſervons plutôt des jours lunaires que des jours ſolaires, pour déterminer le tems du flux & celui du reflux ; j'aurai occaſion dans cette lettre même de vous démontrer que la Lune a au moins quatre fois plus de part que le Soleil à ces ſortes de Phénoménes.

Newton dans cet article paroit ſurpris avec raiſon que la plus grande élévation des eaux n'arrive qu'environ 3 heures après que les Aſtres qui l'ont cauſée, ont paſſé par le méridien. Madame du Chaſtelet attribue ce dérangement à l'inertie de l'eau. Cette inertie, dit-elle (*), fait que l'eau ne reçoit pas tout d'un coup le mouvement que les Aſtres lui communiquent, lorſqu'ils ſont au méridien ; elle fait encore qu'elle conſerve pendant quelque tems le mouvement acquis ; donc l'on ne doit commencer à s'appercevoir de l'abbaiſſement de l'eau qu'environ 3 heures après le paſſage des Aſtres par le méridien. Dans

(*) Expoſition abrégée du ſyſtéme de Newton, pages 83 & 84.

les régions où l'on n'a le flux & le reflux que par communication, les Marées, *continue Me du Chastelet*, retardent bien d'avantage, ensorte que ce retardement va quelquefois jusqu'à 12 heures. On a coutume de dire dans ces lieux que la Marée précéde le passage de la Lune par le méridien : au port du Havre, par exemple, où la Marée retarde de neuf heures, on croit qu'elle précéde de 3 heures le passage de la Lune par le méridien ; mais la vérité est que cette Marée est l'effet de la précédente culmination. Je reviens à Newton.

Il nous dit 2°. que les plus grands flux arrivent dans le tems de la nouvelle & de la pleine Lune, & les plus petits dans le tems des quadratures. Ces effets sont encore plus faciles à expliquer que les précédents. Entrons dans le détail. La Lune L, lorsqu'elle est nouvelle, se trouve sous le Soleil S ; ces deux Astres joignent donc alors leurs forces pour élever les eaux aux points C & O, & pour les abbaisser aux points Q & *q* ; donc le flux dont il est ici quef-

tion, est produit par la somme des forces du Soleil & de la Lune ; donc ce flux doit être un des plus grands. Il en est à peu près de même de celui qui arrive au tems de la pleine Lune. Dans ce tems-là la Lune se trouve au point L & le Soleil au point B ; donc ces deux Astres agissent alors avec des forces aussi conspirantes, que si l'un étoit au point L, & l'autre au point S, parce que les eaux en opposition s'élévent à peu près à la même hauteur, que les eaux en conjonction ; donc le flux de la pleine Lune est aussi grand que celui de la nouvelle ; donc les plus grands flux arrivent dans le tems des Sizygies. Il n'en est pas ainsi des flux qui tombent au tems des quadratures. Ce sont sans contredit les deux plus petits flux de chaque mois ; pourquoi ? Parce que dans la première quadrature le Soleil placé au point V éleve précisément les eaux au même endroit où la Lune les abbaisse, & qu'il abbaisse précisément les eaux au même endroit où la Lune les éleve ; donc cette ef-

pèce de flux est produit par la différence des forces de la Lune & du Soleil. La même chose arrive à la seconde quadrature ; donc les flux des quadratures sont les plus petits flux de chaque mois.

Mais le diriez-vous, mon cher Chevalier ; les plus grandes & les plus petites Marées n'arrivent que quelque temps après les Sizygies & les quadratures. Me du Chastelet en trouve la raison dans la conservation du mouvement par l'inertie. Si la mer, *dit-elle* (*), étoit dans un parfait repos quand le Soleil & la Lune agissent sur elle de concert dans les Sizygies pour élever les eaux, elle ne prendroit pas d'abord sa plus grande vîtesse, ni par conséquent sa plus grande hauteur, mais elle l'acquerroit petit-à-petit : or comme les marées qui précédent les Sizygies ne sont pas les plus grandes, elles augmentent petit-à-petit, & les eaux n'ont acquis leur plus grande hauteur que quelque tems après que la Lune a paf-

(*) Exposition abrégée du systéme de Newton, page 86.

ſé les Sizygies. Il en eſt de même des plus petites Marées qui ſuivent les quadratures ; car le mouvement ſe perd par degré, de même qu'il s'acquiert. Ce Phénoméne a donc la même cauſe que le retardement des plus grandes Marées diurnes ſur le moment du paſſage de l'Aſtre par le Méridien. Newton donne à peu près la même réponſe dans l'opuſcule dont je vous rends compte, Mais comme il paroît dans cet endroit pour le moins auſſi obſcur que par tout ailleurs, j'ai mieux aimé vous rapporter les paroles de Me du Chaſtelet, que la traduction de celles deNewton. Ce Phyſicien n'a pas manqué de nous faire remarquer que les plus grandes Marées arrivoient dans les Sizygies équinoctiales. La raiſon qu'il en donne ne me plait pas (*a*), quoique Me du Chaſtelet n'en ait pas apporté d'autre. Mr. l'Abbé Sygorgne en donne une plus claire & plus phyſique. Moins, *dit-il* (*), les eaux de la mer péſent, plus les promontoires d'où naiſſent le flux & le reflux, doivent s'élever ; or

(*) Inſtitutions Newtoniennes page 365.

aux nouvelles & pleines lunes des équinoxes, le Soleil & la Lune ſont dans le plan de l'équateur, où la peſanteur des eaux de la mer eſt la plus petite qu'il ſoit poſſible ; donc il faut que ce ſoit aux nouvelles & pleines Lunes des équinoxes qu'arrivent les plus grandes Marées. Par une raiſon contraire les Marées ſont moindres dans les Sizygies ſolſticiales, que dans les équinoxiales. En effet dans les Sizygies ſolſticiales le Soleil & la Lune ſe trouvent dans quelqu'un des tropiques ; ces deux aſtres ont donc alors des eaux plus peſantes à élever, que s'ils étoient dans l'équateur. Donc les Marées doivent être moindres dans les Sizygies ſolſticiales, que dans les Sizygies équinoxiales. Enfin les Marées ſont plus grandes dans les quadratures ſolſticiales, que dans les équinoxiales, parce que dans les premières la Lune qui eſt dans l'équateur, a des eaux plus légéres à élever, que le Soleil qui eſt alors dans un des tropiques ; dans les ſecondes au contraire la Lune ſe trouve dans un des tropi-

ques & le Soleil dans l'équateur. Or comme la Lune a beaucoup plus de part que le Soleil aux Phénoménes du flux & du reflux, c'eſt plutôt la poſition de la Lune, que celle du Soleil qui doit régler la hauteur des Marées.

Newton n'a pas négligé dans ſon calcul la diſtance plus ou moins grande du Soleil & de la Lune à la Terre. C'eſt-là précisément ce qui l'a engagé à aſſurer que le flux eſt plus grand, lorſque les Aſtres qui le produiſent ſont périgées, que lorſqu'ils ſont apogées. Vous êtes trop au fait des régles de l'attraction, pour me demander une plus ample explication de ce phénoméne. Le Soleil n'eſt jamais plus près de la Terre que pendant l'hyver, & il n'en eſt jamais plus éloigné que pendant l'été; auſſi les plus grand flux précédent-ils plutôt qu'ils ne ſuivent l'équinoxe du printems, & ſuivent-ils plutôt qu'ils ne précédent l'équinoxe d'automne.

Mais vous n'aurez jamais, mon cher Chevalier, qu'une teinture très-légère de la

grande queſtion du flux & du reflux de la mer, lorſque vous n'aurez pas calculé, d'après Newton, la part préciſe qu'ont le Soleil & la Lune à tous les phénoménes qui en dépendent. J'ai fait ce calcul avec toute l'attention dont j'ai été capable; & je puis vous aſſurer que la Lune y a au moins quatre fois plus de part que le Soleil. Dans les mers libres & dans les tems des flux médiocres, celui-ci éleve les eaux à environ 2 pieds, & celle-là à environ 8 pieds de hauteur (*b*). Ici ſans doute vous ne manquerez pas de me demander pourquoi le Soleil attirant beaucoup plus la maſſe totale de la Terre, que la Lune ne l'attire, il arrive cependant qu'il ait ſi peu de part à l'élevation des eaux. Mais rappellez-vous ce que j'ai eu l'honneur de vous dire au commencement de ma lettre, qu'il ne s'agiſſoit pas d'une attraction abſolue, mais d'une attraction purement relative. Le Soleil, & la Lune ne produiſent le flux & le reflux, que parce qu'ils attirent plus les eaux avec leſquelles ils ſont en conjonc-

tion, que le centre de la Terre, & qu'ils attirent plus ce centre que les eaux avec lesquelles ils sont en opposition. Cette différence d'attraction n'est presque pas sensible pour le Soleil ; cet Astre est éloigné des eaux avec lesquelles il est en conjonction de 20625 rayons terrestres, du centre de la Terre de 20626, & des eaux en opposition de 20627 ; qu'est-ce que 1 vis-à-vis une somme aussi considérable ? Mais la différence d'attraction est infiniment sensible, lorsqu'il s'agit de la Lune. Ce satellite n'est éloigné des eaux en conjonction que de 59 rayons terrestres, de 60 du centre de la Terre, & de 61 des eaux en opposition. 1 de plus ou de moins sur une somme aussi modique ne doit pas être négligé ; il doit même produire un assez grand trouble sur la surface de la Terre, que nous avons supposée jusqu'à présent couverte des eaux de l'Océan. Ne craignez pas cependant que cette force perturbatrice soit capable de déranger les oscillations des pendules ; l'action que le Soleil & la Lune peuvent

avoir ſur ces ſortes de corps, eſt la même pour toutes leurs parties. Il en eſt de même des Fontaines & des Rivières ſituées entre les tropiques; la maſſe d'eau qu'elles contiennent eſt trop peu conſidérable; elles ſont elles-mêmes trop peu étendues, pour avoir une de leurs parties en conjonction, l'autre en oppoſition, & les autres en quadrature avec le Soleil & la Lune; ce n'eſt que par leur communication avec l'Océan, qu'elles peuvent être ſujettes au flux & au reflux.

Je ne vous ai parlé juſqu'à préſent, mon cher Chevalier, que du flux que j'appellerois volontiers direct, c'eſt-à-dire, de celui qui ſe fait dans les mers ſur leſquelles le Soleil & la Lune ſe trouvent directement. Telles ſont les mers ſituées entre les tropiques; telles ſont encore celles qui ne s'écartent pas des tropiques de plus de 5 degrés. C'eſt dans ces mers que l'action perpendiculaire des deux Aſtres ſur les eaux en conjonction, & leur action oblique ſur les eaux en quadrature donnent 10, quel-

quefois même 12 pieds de flux. Il n'en est pas ainsi des mers sur lesquelles le Soleil & la Lune n'ont jamais une action perpendiculaire. Il s'en faut bien que ces deux Astres y fassent élever les eaux à 10 pieds de hauteur. Entrons ici dans quelque détail. Je suppose toujours la surface de la Terre T, (Fig. 5. Pl. 3) toute couverte d'eau. Je suppose encore que les eaux de l'Océan sur lesquelles la Lune L est perpendiculaire tout le tems qu'elle décrit son orbite, s'étendent du point A au point B. Je suppose enfin que tel jour elle soit perpendiculaire aux eaux C. Je vous ai déjà démontré qu'en vertu de son action perpendiculaire sur les eaux C, & de son action oblique sur les eaux Q & *q*, l'eau devoit dans les mers libres s'élever à environ 10 pieds sous la Lune. Mais il s'en faut bien que les eaux M sur lesqu'elles la Lune L ne peut jamais agir perpendiculairement, s'élevent à cette hauteur. L'action oblique L M se décompose en deux actions, l'une horizontale M N, l'autre perpendiculaire

SM. Par la première les eaux M sont un peu plus collées contre la Terre, & par-là même sont un peu plus difficiles à élever, qu'elles ne le seroient naturellement. Par la seconde elles sont un peu plus attirées, que le centre de la Terre T, & par conséquent elles doivent s'élever sous la Lune. Cette élevation ne doit pas être nulle au point M, parce que l'action perpendiculaire SM ne doit pas être comptée pnur rien comme au point Q; mais elle doit être d'autant moindre, que le point M est plus près du point Q. Aussi Newton n'a-t'il pas manqué d'assurer que les mers étoient d'autant moins sujettes au flux, qu'elles étoient plus éloignées de l'équateur. Ne me demandez pas donc pourquoi le flux est insensible sur la Méditerannée, la mer Baltique &c. Ces mers, très-éloignées de l'équateur, n'éprouvent de la part du Soleil & de la Lune qu'une action très oblique. D'ailleurs, *dit Me du Chastelet*, ces mers sont si étroites, que chacune de leurs parties sont élevées & déprimées avec le

même force ; le flux ne doit pas donc y être sensible ; car l'eau ne peut s'élever dans un lieu, qu'elle ne s'abbaisse dans l'autre. Cette sçavante Dame veut encore que les vents & les courans qui sont très considérables dans la méditerannée, rendent insensibles les flux qu'on devroit remarquer sur cette mer (*).

Après ce que je viens de dire, vous serez sans doute surpris que dans le port de Plymouth en Angleterre, l'eau s'éleve jusqu'à 50 pieds de hauteur ; vous ne manquerez pas de me faire remarquer que ce port est très étroit, & qu'il se trouve à 50 degrès, 20 minutes de latitude. Mais je vous ferai remarquer à mon tour que ce port n'a le flux que par sa communication avec l'Océan. Quelque peu d'eau que lui fournisse la mer, le flux doit y être fort haut, parce que l'eau doit gagner en hauteur, ce qu'elle n'a pas en largeur. Mr. Euler assure dans sa belle dissertation sur le flux & le reflux, que l'Aca-

(*) Exposition du systéme de Newton, pag. 82.

démie des Sciences de Paris couronna en l'année 1740, il assure, dis-je, (1) que si par malheur les 10, ou 12 pieds d'eau que la Lune & le Soleil élévent dans les mers libres dans le tems du vrai flux, parvenoit dans le tems du vrai reflux jusqu'à nos ports, toutes les Villes maritimes en seroient submergées. Me du Chastelet apporte plusieurs autres causes qui contribuent à rendre les Marées plus grandes vers les côtes qu'en pleine mer. Premierement, *dit-elle* (*), l'eau frappe contre les rivages, ce qui doit par la réaction augmenter sa hauteur. Secondement elle y arrive avec la vitesse qu'elle avoit dans l'Océan où sa profondeur est très-grande, & elle y arrive en grande quantité, ce qui fait que par la grande résistance que lui opposent les rivages, elle s'éleve beaucoup d'avantage. Enfin quand elle passe par des détroits, sa hauteur augmente beaucoup, parce qu'étant repoussée par les rivages, elle vient

(1) Chapitre 8°.

(*) Expositiondu systéme de Newton, p. 90 & 91.

avec la force qu'elle a acquiſe par l'effort qu'elle a fait pour les inonder. C'eſt pourquoi à Briſtol, à Plimouth, au mont St. Michel, à Avranches &c. l'eau monte à une ſi grande hauteur vers les ſizygies ; ſur ces côtes le rivage eſt plein de ſinuoſités & de bancs de ſable contre leſquels l'eau frappe avec une grande force, & deſquels elle ne peut s'échaper auſſi-tôt qu'elle feroit, ſi le rivage étoit uni. C'eſt ſans doute pour la même raiſon, mon cher Chevalier, que l'eau arrive à certains ports plus tard qu'à certains autres. Vous pouvez aſſurer en général que le flux & le reflux par communication ſont ſujets à de grandes irrégularités ; il y a bien loin de la réalité à la ſuppoſition que j'ai été obligé de faire, lorſque j'ai conſidéré la ſurface de la Terre comme couverte des eaux de la mer. Je ne conſeillerois pas même à quelqu'un qui ne ſeroit pas parfaitement au fait de la carte du Païs de vouloir expliquer phyſiquement toutes ces variations. Newton, par-exemple, auroit-il pu nous parler de

tout ce qui ſe paſſe à Baſtham dans le Royaume de Tunquin, s'il n'avoit pas ſçu que l'eau arrive de l'Océan dans ce port de deux côtés, l'un par la mer de la Chine par un chemin plus droit & plus court entre l'iſle de Leuconie & le rivage de Kanton, & l'autre de la mer des Indes entre la Cochinchine & l'Iſle de Borneo, par un chemin plus long & plus tortueux. L'eau arrive par le premier chemin en 6 heures, & par le ſecond en 12. Or il eſt évident que dans ces ſortes de ports le flux ſera partagé en pluſieurs flux ſucceſſifs, qui auront différens mouvemens, & qui ne reſſembleront pas aux flux ordinaires. Newton remarque encore que les Fleuves que leur communication avec l'Océan rend ſujets au flux & au reflux, n'ont pas auſſi longtems le flux que le reflux, parce que leur cours qui s'oppoſe à l'entrée de l'eau de la mer dans leur lit, en favoriſe par-là même la ſortie. Il nous parle à cette occaſion de la Riviére d'Avone au deſſous de Briſtol, qui a 5 heures de flux ſur

7 de reflux. Voilà, mon cher Chevalier, ce qu'il y a de plus intéressant sur le flux & le reflux dans l'opuscule de Newton sur le sistéme du monde. Si vous prenez jamais la peine de lire cet opuscule, je me flatte que vous ne serez pas mécontent de mon travail. Vous comprendrez que cette lettre n'a pas été, comme bien d'autres, l'ouvrage de 3 à 4 jours. Nattendez pas de quelque tems de mes nouvelles; la lettre suivante demande encore plus d'étude que toutes celles que j'ai eu l'honneur de vous écrire jusqu'à présent. Je suis, &c.

Notes pour la cinquième Lettre.

(*a*) Voici la raison qu'en donne Newton. Je rapporte ses propres paroles pag. 31. *Pendet etiam effectus utriusque luminaris ex ipsius declinatione seu distantiâ ab æquatore. Nam, si luminare in polo constitueretur, traheret illud singulas aquæ partes constanter, absque actionis intensione & remissione; adeoque motûs reciprocationem nullam cieret. Igitur luminaria recedendo ab æquatore polum versùs, effectus suos gradatim amittent, & propterea minores ciebunt æstus in sizygiis solstitialibus, quàm in æquinoctialibus.*

(*b*) Pour déterminer la part qu'a le Soleil aux phénoménes du flux & du reflux, voici comment je m'y suis pris.

1°. Le Soleil S, (Fig. 4 Pl. 3) augmente d'une 178ᵉ partie la pesanteur de la Lune vers la Terre, lorsque la Lune est aux points Q & *q*; comme il est démontré dans la Note *a* de la lettre précédente.

2°. La pesanteur de la Lune placée au point R sur la surface de la Terre T seroit 3600 fois plus grande, que celle qu'elle a au point Q. Donc si au point Q la pesanteur de la Lune vers la terre est représentée par 178, elle seroit représentée au point R par $178 \times 3600 = 640800$.

3°. L'augmentation de pesanteur dans la Lune placée au point Q, occasionnée par l'attraction solaire : à sa pesanteur naturelle : : 1 : 178 (*num* 1); donc l'augmentation de pesanteur dans la Lune placée au point Q : à la pesanteur qu'elle auroit au point R : : 1 : 640800.

4°. L'attraction solaire augmente la pesanteur des eaux placées aux points R & F avec lesquelles cet Astre est en quadrature; comme il est démontré dans cette cinquième lettre.

5°. L'attraction solaire augmente 60 fois plus la pesanteur de la Lune placée au point Q, que la pesanteur des eaux placées au point R. En effet l'augmentation de pesanteur dans la Lune placée

au point Q est représentée par la ligne Q T, comme l'on a déja vu dans la Note *a* de la lettre précédente, & l'augmentation de pesanteur dans les eaux placées au point R, est représentée par la ligne R T; mais Q T rayon de l'orbite lunaire, est 60 fois plus grand que R T rayon de la terre; donc l'attraction solaire augmente 60 fois plus la pesanteur de la Lune placée au point Q, que la pesanteur des eaux placées au point R; donc si l'augmentation de pesanteur dans la Lune placée au point Q : à la pesanteur qu'elle auroit au point R : : 1 : : 640800; il s'ensuit évidemment que l'augmentation de pesanteur dans les eaux placées au point R, causée par l'attraction solaire : à leur pesanteur naturelle : : 1 : 640800 × 60 = 38448000.

L'expérience m'a appris que quelques personnes accordoient avec peine cette dernière conséquence; je vais tâcher de la leur rendre sensible. N'est-il pas vrai que si les eaux R étoient au point Q, l'on pourroit faire la proportion suivante; l'augmentation de pesanteur dans les eaux placées au point Q : à la pesanteur de ces mêmes eaux placées au point R : : 1 : 640800 ? N'est-il pas encore vrai que l'augmentation de pesanteur dans les eaux placées au point R est 60 fois moindre que si ces eaux étoient placées au point Q? Donc l'augmentation de pesanteur dans les eaux placées au point R : à la pesanteur réelle de ces mêmes eaux : : $\frac{1}{60}$: 640800

Mais $\frac{1}{60}$: 640800 : : 1 : 38448000 ; donc, &c.

6°. L'attraction solaire diminue la pesanteur de la Lune aux points C & O, comme il est démontré dans cette 5[e] lettre ; & cette diminution de pesanteur est double de l'augmentation aux points Q & *q*. Il en est de même des eaux placées aux points M & N. La diminution de leur pesanteur aux points M & N est double de leur augmentation aux points R & F. Relisez les notes de la lettre précédente.

7°. Le Soleil concourt aux phénoménes du flux & du reflux, non-seulement en augmentant la pesanteur des eaux R & F, mais encore en diminuant celle des eaux M & N. Son action totale est donc représentée par 3, en supposant que la gravité des eaux sur la terre soit exprimée par 38448000. La force totale du Soleil pour troubler les eaux de la mer, ou ce qui revient au même, la part qu'a le Soleil aux phénoménes de flux & du reflux, est donc à la pesanteur des eaux de l'Océan : : 3 : 38448000, ou : : 1 : 12816000.

8°. La force qui a fait changer la Terre, de sphérique qu'elle étoit, en spheroïde applati vers les poles & élevé à l'équateur, cette force, dis-je, a produit sous l'équateur une pesanteur moindre que sous les poles. Cette différence de pesanteur nous est connue. La pesanteur sous l'équateur : à la pesanteur sous les poles : : 201 : 202.

9°. Une action représentée par la fraction $\frac{1}{202}$ a donc fait élever l'équateur de 114408 pieds ; l'on demande de combien fera élever les eaux de la mer l'action du Soleil représentée par la fraction $\frac{1}{12816000}$.

10. Pour le trouver, l'on a fait la proportion suivante ; $\frac{1}{202}$: 114408 pieds : : $\frac{1}{12816000}$: au nombre que l'on cherche. Ce quatrième nombre sera évidemment $\frac{23110416}{12816000}$, c'est-à-dire, environ 2 pieds. Donc le Soleil éleve les eaux de la mer environ à deux pieds de hauteur.

11. Dans les flux médiocres des Sizygies les eaux en pleine mer s'élévent d'environ 10 pieds ; donc la Lune en éleve pour sa part environ 8 ; donc la force de la Lune pour troubler les eaux de la mer : à la force du Soleil :: 4 : 1.



LETTRE SIXIÉME.

Syſtéme de Newton ſur le mouvement des Cométes. Hiſtoire de la Cométe de 1680. Obſervations phyſiques faites par Newton, à l'occaſion des Cométes. Differens ſentimens ſur les queües des Cométes. Sentiment de Newton ſur ce phénoméne. Preuves ſur leſquelles ce ſentiment eſt fondé. Changement de la queüe de la Cométe, tantôt en barbe, taônt en Chevelure.

NEwton a du vous paroître bien grand, mon cher Chevalier, dans le compte que je vous ai rendu juſqu'à préſent de ſon opuſcule ſur le ſyſtéme du monde. Je ſuis sûr qu'il vous paroitra encore plus grand dans cette dernière lettre. Je dois vous y mettre ſous les yeux ſon fameux ſyſtéme ſur les Cométes. Ne perdons pas le tems en préambules inutiles.

Newton regarde les Cométes comme de véritables Planétes qui tournent dans toute ſorte

ſorte de directions autour du Soleil S (Fig. 6 Pl. 3), dans des ellipſes très-allongées & très-excentriques A D B P E. Elles parcourent ces ſortes d'ellipſes par les mêmes loix que les Planétes ordinaires décrivent les leurs ; & ſi le foyer de celles-ci eſt beaucoup plus près du centre, que le foyer de celles-là, c'eſt que les Cométes, créées dans un point du ciel très-éloigné du Soleil, ont reçu de la cauſe première beaucoup moins de vîteſſe de projection, qu'il ne leur en auroit fallu pour décrire autour de cet Aſtre un cercle qui eut eu pour rayon leur diſtance aphélie. La cométe A, par-exemple, (Fig. 6. Pl. 3), créée au point A, bien au deſſus de l'orbe de Saturne, ne décrit l'ellipſe allongée ADBPE, que parcequ'elle a reçu beaucoup moins de viteſſe de projection ſuivant la ligne AH, qu'il ne lui en faudroit pour décrire autour du Soleil S un cercle avec le rayon A S, qui repréſente la diſtance aphélie de la cométe. Dans ce Siſtéme je comprens ſans peine pourquoi les cométes ne ſont viſibles,

que lorſqu'elles ſe trouvent dans la partie inférieure de leur orbite ; la partie ſupérieure A eſt beaucoup plus eloignée de Saturne, que Saturne ne l'eſt de la Terre. Je comprends avec encore plus de facilité pourquoi ces Aſtres ont un mouvement ſi rapide près du Périhélie P, & ſi lent près de l'Aphélie A. Sujets à la première loi de Képler, leur aire près du Périhélie doit gagner en baſe ce qu'elle a perdu en rayon vecteur. Examinez, mon cher Chevalier, la différence qu'il y a entre le rayon vecteur B S, & le rayon vecteur D S ; & vous conviendrez ſans peine qu'une Cométe quelconque, dans une révolution de pluſieurs années, ne doit être viſible que pendant quelques jours, ou tout au plus quelques mois. Je comprens enfin pourquoi, parmi les Cométes, les unes vont de l'Orient à l'Occident, les autres de l'Occident à l'Orient, quelques-unes du Midi au Nord, quelques-autres du Nord au Midi &c. Si, comme les Planétes, elles avoient toutes reçu une force de projection dirigée de

l'Occident à l'Orient; elles auroient toutes eu un mouvement périodique selon l'ordre des signes. Sans doute le Créateur, pour des raisons à lui seul connues, a *projetté* les unes de l'Orient à l'Occident, les autres de l'Occident à l'Orient &c. Newton, mon cher Chevalier, a proposé ce beau sistéme en 2 mots. Voici comment il s'exprime au milieu de la page 59. *Versantur igitur cometæ, toto apparitionis tempore, intrà sphæram activitatis vis circumsolaris; adeòque agitantur ipsius impulsu, & propterea describunt conicas sectiones, umbilicos habentes in centro Solis; &, radiis ad Solem ductis, conficiunt areas proportionales temporibus. Nam vis illa in immensum propagata reget motus corporum longè ultrà orbem Saturni.*

Pour faire adopter son sistéme par tous les Physiciens raisonnables, il a dû nous mettre sous les yeux un très grand nombre de Cométes, qui, dans leur Périhélie, ont été beaucoup plus près du Soleil, que le globe que nous habitons. Aussi n'a-t-il pas

manqué de faire, à cette occasion, l'énumération la plus intéressante. La Cométe dont il a parlé le plus au long & avec le plus de plaisir, non-seulement dans cet opuscule, mais encore dans la Proposition 41 du livre troisième de ses Principes, c'est la fameuse Cométe qui parut depuis le 22 décembre 1680, jusqu'au 18 mars 1681. Sa queuë eut en certains tems jusqu'à 90 degrés de longueur. Elle arriva à son Périhélie le 8 Décembre, à Midi, 15 minutes, Tems moyen réduit au méridien de l'Observatoire de Paris. Elle ne fut ce jour-là éloignée du Soleil que de cent, quatre-vingt trois mille lieuës. Newton prétend, d'après M. Halley, que le grand axe de l'ellipse de cette Cométe est de quatre milliards, cent quarante-huit millions, huit cent soixante onze mille lieuës; son petit axe, de cinquante-cinq millions, quatre cent, quarante trois mille lieuës; son inclinaison à l'écliptique, de 61 degrés, 6 minutes, 48 secondes; le tems de la révolution périodique de 575 ans; Si tout cela est vrai, cette

Cométe a déja été obſervée quatre fois. La première fois qu'on l'obſerva, ce fut au mois de Septembre qui ſuivit la mort de Jules Céſar, c'eſt-à-dire, au mois de Septembre de la 43e année avant la Naiſſance de J. C. On l'obſerva pour la ſeconde fois, l'an 531 de J. C., ſous le Conſulat de Lampadius & d'Oreſte. Elle parut pour la troiſième fois, l'an de J. C. 1106; & pour la quatrième fois, ſur la fin de l'année 1680.

Newton fit, mon cher Chevalier, à l'occaſion de cette Cométe, une foule d'obſervations phyſiques que je ne ſçaurois me diſpenſer de vous rapporter. Si les Cométes, *dit-il*, n'étoient pas de véritables Planétes; ſi elles n'étoient qu'un amas de vapeurs & d'exhalaiſons; la Cométe de 1680 n'auroit-elle pas dû ſe diſſiper dans l'inſtant, lors de ſon paſſage par le Périhélie? En effet la chaleur que le Soleil dut lui communiquer ce jour-là, fut deux mille fois plus grande que celle du fer ardent; faudroit-il une ſi grande chaleur, pour faire diſſiper dans l'inſtant un amas de vapeurs & d'exhalaiſons?

Il conclut delà, en très-bon Phyficien, que cette Cométe a dû conferver très long-tems cette chaleur dans fon plus grand éloignement du Soleil. Voici fon raifonnement. Un globe de fer rouge d'un pouce de diamétre, expofé à l'air pendant une heure, perd à peine toute fa chaleur; & un globe d'un plus grand diamétre conferveroit la fienne plus long-tems en raifon de fon diamétre, parce que fa fuperficie, qui eft la mefure du refroidiffement par le contact de l'air ambient, eft moindre dans cette raifon, eu égard à la quantité de matière chaude qu'il contient. Ainfi un globe de fer rouge ègal à la terre, c'eft-à-dire, un globe de fer rouge d'environ quarante millions de pieds de diamétre, ne fe réfroidiroit qu'en quarante millions de jours, & par conféquent à peine feroit-il réfroidi en cinquante mille ans. Quelque froid que foit le climat où fe trouve, lors de fon Aphélie, la Comète dont nous parlons, combien de tems ne doit elle pas conferver fa chaleur? Elle eft au moins de la groffeur de la Terre,

puis qu'à la vûe ſimple elle paroiſſoit plus grande, que les étoiles de la première grandeur ; & la chaleur qu'elle a reçue du Soleil a été deux mille fois plus intenſe, que celle du fer ardent. Newton ſoupçonne cependant que la durée de la chaleur n'eſt pas tout-à-fait en raiſon du diamétre du corps échauffé.

Les queuës des Cométes préſentent un trop grand ſpectacle à des yeux phyſiciens, pour que le Philoſophe Anglois n'ait pas fait la deſſus une eſpèce de diſſertation. Il nous dit d'abord qu'il y a trois opinions ſur les queuës des Cométes, celle de ceux qui regardent ces queuës comme l'éclat du Soleil qu'on découvre à travers la tête tranſparente des Cométes ; celle de ceux qui prétendent que ces queuës ſont cauſées par la réfraction de la lumière qui vient de la tête de la Cométe à la Terre ; celle enfin de ceux qui ſuppoſent que ces queuës ſont une eſpèce de vapeur, ou de nuage qui s'éleve de la tête de la Cométe ; qui ſe répand ſans ceſſe dans les régions oppoſées au So-

leil ; & qui réfléchit à nos yeux la lumière de cet Aſtre.

La première de ces opinions eſt inſoutenable. Les Cométes ſont des corps auſſi opaques que la Terre ; comment pourroit-on découvrir, à travers leur tête, l'éclat de la lumière du Soleil. Si la ſeconde opinion étoit vraie, les Planétes auroient des queües, comme les Cométes : ce qui eſt contraire à l'expérience. La troiſième opinion paroit à Newton très-conforme aux loix de la Phyſique. N'eſt-il pas naturel en effet que des vapeurs s'élévent d'un corps opaque qui dans ſon Périhélie ſe trouve pour l'ordinaire très-près du Soleil ? N'eſt-il pas naturel que ces vapeurs réfléchiſſent la lumière? N'eſt-il pas naturel enfin qu'elles ſe répandent dans les régions oppoſées au Soleil. Auſſi la Cométe nous paroit-elle avec une queuë, lorſqu'elle ſuit le Soleil ; avec une barbe, lorſqu'elle le précéde ; avec une eſpèce de Chevelure lumineuſe qui l'entoure, lorſque l'œil de l'obſervateur ſe trouve entre elle & le Soleil. Tout cela encore une fois me paroit

très physique. Je ne vous cacherai pas, mon cher Chevalier, que je suis très-empressé de sçavoir quelle idée vous vous formez maintenant du grand, de l'immortel Newton. Il y a un tems infini que je n'ai pas reçu de vos nouvelles. J'en attens avec impatience. Je suis, &c.

RÉPONSE DU CHEVALIER.

C'En est fait, Monsieur, pour le reste de mes jours; je ne me fie plus au jugement des personnes qui ont la témérité de prononcer sur des ouvrages qu'ils n'ont jamais été én état de lire. Un jeune Professeur de Philosophie sous lequel j'ai eu le malheur de faire mon cours, ne nous égayoit au dépens de Newton dans la plupart de ses explications, que parce que les cayers qu'il avoit achetés, ne lui en faisoient pas un grand éloge. Tantôt il nous dépeignoit la Physique Newtonienne comme un tas d'énigmes inexplicables; tantôt il prétendoit que Newton n'avoit rendu d'au-

tre ſervice aux ſciences, que celui d'avoir renouvellé les qualités occultes de l'ancienne Ecole. Quel ignorant ; & que les parents ſont à plaindre, lorſqu'ils ont le malheur de confier ce qu'ils ont de plus cher au monde à des Avanturiers de cette eſpèce ! Voilà, Monſieur, ce qui m'avoit donné une eſpèce d'horreur pour la Phyſique de Newton. J'en ſuis, Dieu merci, bien revenu ; je ne vois rien maintenant de plus beau que les loix de l'attraction appliquées aux phénoménes céleſtes. Je vous dirai même que je me ſuis mis à lire avec une eſpèce de fureur ſon fameux ouvrage des *Principes*. Je ſuis maintenant en état de vous rendre compte des *Définitions* & des *Axiomes* qui en ſont comme le fondement & la baſe. Je vais travailler à ma lettre ; je ſuis aſſuré que mon offre ſera acceptée. Je ſuis, &c.





LIVRE TROISIÉME.

De l'Ouvrage de Nevvton intitulé : Principes Mathématiques de la Philosophie naturelle.

LETTRE PREMIÉRE.

Idée génerale de l'Ouvrage des Principes de la Philosophie naturelle.

PErsonne n'a encore donné une idée plus noble, plus claire & plus vraie du fameux livre des Principes Mathématiques de la Philosophie naturelle, que l'élégant Fontenelle dans l'éloge historique qu'il fit de l'illustre Newton, en l'année 1727. Voici, mon cher Chevalier, le précis de ce qu'il dit à cette occasion. En 1687 Mr. Newton se résolut enfin à se dévoiler, & à révéler ce qu'il étoit. Les *Principes Mathématiques de la Philosophie natu-*

relle parurent. Ce Livre, où la plus profonde de Géométrie sert de base à une Physique toute nouvelle, n'eut pas d'abord tout l'éclat qu'il méritoit & qu'il devoit avoir un jour. Comme il est écrit très sçavamment, que les paroles y sont fort épargnées, qu'assez souvent les conséquences y naissent rapidement des principes, & qu'on est obligé de suppléer de soi-même tout l'entre-deux, il faloit que le public eut le loisir d'entendre un Ouvrage où les plus grands Géométres ne sont que trop souvent arrêtés. Mais enfin tous les suffrages ont éclaté de toute part en sa faveur, & n'ont formé qu'un cri d'admiration. Tout le monde a été frappé de l'esprit original qui y brille, & de cet esprit créateur, qui, dans toute l'étendue du Siécle le plus heureux, ne tombe guères en partage qu'à trois ou quatre hommes pris dans toute l'étendue des Païs sçavans.

Deux Théories principales dominent dans les *Principes Mathématiques*, celle des forces centrales, & celle de la Résistance des

milieux au mouvement, toutes deux presque entiérement neuves & traitées selon la sublime Géométrie de l'Auteur.

Tous les corps, selon Newton, pésent les uns vers les autres, ou s'attirent en raison de leurs masses; & quand ils tournent autour d'un centre commun, dont par conséquent ils sont attirés, & qu'ils attirent, leurs forces attractives varient dans la raison renversée des quarrés de leurs distances à ce centre ; & si tous ensemble avec leur centre commun tournent autour d'un autre centre commun à eux & à d'autres, ce sont encore de nouveaux rapports qui font une étrange complication. Ainsi chacun des cinq satellites de Saturne pése sur les 4 autres, & les 4 autres sur lui ; tous les cinq pésent sur Saturne, & Saturne sur eux ; le tout ensemble pése sur le Soleil, & le Soleil sur ce Tout. Il en est de même de Jupiter & de ses 4 satellites ; de la Terre & de la Lune. Quelle Géométrie a été nécessaire pour débrouiller ce cahos de rapports ! il paroit téméraire de l'avoir en-

trepris, & on ne peut voir ſans étonnement que d'une Théorie ſi abſtraite, formée de pluſieurs Théories particulières, toutes très difficiles à manier, il naiſſe néceſſairement des concluſions toujours conformes aux faits établis par l'Aſtronomie; des concluſions qui ſemblent deviner des faits, auſquels les Aſtronomes ne ſe ſeroient pas attendus; tels que ſont les moindres dérangemens dans les mouvemens elliptiques des Planétes du premier ordre, les moindres irrégularités dans le ſatellite de la Terre.

La ſeconde des deux grandes Théories ſur leſquelles roule le livre des *Principes*, eſt celle de la Réſiſtance des Milieux au mouvement, qui doit entrer dans les principaux phénomènes de la Nature, tels que le mouvement des corps céleſtes, la lumière, le ſon. Newton établit à ſon ordinaire ſur une très profonde Géométrie, ce qui doit réſulter de cette réſiſtance, ſelon toutes les cauſes qu'elle peut avoir, la denſité du milieu, la viteſſe du corps mu, la

grandeur de sa surface, & il arrive enfin à des conclusions qui détruisent les tourbillons de Descartes, & renversent ce grand édifice céleste, qu'on auroit cru inébranlable. Je vous ai apporté, mon cher Chevalier, dans la réponse à la lettre 3 du livre troisième de la vie littéraire de Descartes, & dans la 10e lettre du livre premier de la vie littéraire de Newton les principaux arguments du Philosophe Anglois contre le Plein Cartésien. Ces argumens contiennent tout ce que doit sçavoir un Physicien sur cette matière. Si vous prenez la peine de parcourir la Table du livre des *Principes mathématiques*, vous verrez qu'il n'est point de phénoméne intéressant dans cet Ouvrage, que je ne vous aie expliqué dans le compte que je viens de vous rendre de l'opuscule de Newton sur le Sistéme du monde. Je ne prétends pas cependant vous empêcher de lire le livre des Principes; j'attends même avec impatience la lettre où vous devez me rendre compte de ce que vous en avez déjà

lu. Je souhaite que vous alliez jusqu'au bout. Je suis, &c.

LETTRE SECONDE.

Définitions adoptées par Newton au commencement de son livre des Principes. Explication de ces Définitions. Scholie sur la Nature du Tems, de l'Espace, du Lieu, & du Mouvement.

LE livre des Principes Mathématiques de la Philosophie naturelle commence, Monsieur, par huit *Définitions* & par un *Scholie* dont je vais tacher de vous rendre compte dans les deux parties de cette lettre. La plupart des définitions n'ont besoin ni de commentaire, ni de preuves ; tant elles sont claires & lumineuses. Les voici.

La quantité de Matière a pour mesure le produit de la densité par le volume. Cette définition doit s'appliquer à la Masse qui n'est jamais distinguée de la quantité de matière.

La quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par la viteſſe. Le corps A de 10 livres, *par-exemple*, a-t-il 4 degrés de viteſſe, & le corps B de 5 livres n'a-t-il que 2 degrés de viteſſe? La quantité de mouvement du premier ſera à la quantité de mouvement du ſecond, comme 40 eſt à 10. Voilà, pour le dire en paſſant, la Doctrine de Newton ſur les Forces vives directement oppoſée à celle de Leibnitz ſur la même matière. (*a*)

La Force d'inertie qui réſide dans la matière, eſt le pouvoir qu'elle a de réſiſter au changement d'état. Newton, pour nous faire ſentir que cette Force eſt eſſentielle aux corps, la nomme *vis inſita*. Il ajoute que cette Force eſt toujours proportionnelle à la quantité de matière des corps, c'eſt-à-dire, il nous avertit que plus un corps a de maſſe, plus il ſera difficile de le faire paſſer de l'état de repos à celui de mouvement, ou de l'état de mouvement à celui de repos.

La Force imprimée eſt l'action par laquelle

l'état du corps est changé, soit que cet état soit le repos, ou le mouvement uniforme en ligne droite. Comme cette force est extrinséque au corps, Newton l'appelle *vis impressa.* Il nous fait remarquer qu'elle consiste uniquement dans l'action; qu'elle ne subsiste plus, dès que l'action vient à cesser; & que le corps persévére par sa seule force d'inertie dans le nouvel état dans lequel il se trouve.

La Force centripéte est celle qui fait tendre les corps vers un centre, soit qu'ils soient tirés ou poussés vers ce centre, ou qu'ils y tendent d'une façon quelconque. La Gravité est donc une véritable Force centripéte, puisqu'elle fait tendre les corps sublunaires vers le centre de la Terre.

La quantité absolue de la Force centripéte est plus ou moins grande, selon l'efficacité de la cause qui la propage du centre. Sans cela l'effet ne seroit pas proportionnel à sa cause.

La quantité de la Force centripéte accélératrice n'est pas distinguée de la vitesse que

reçoit le corps pour tomber. Cette viteſſe s'appelle *accélératrice*, parce que plus un corps s'approche du centre de ſon mouvement, plus grand eſt l'eſpace qu'il parcourt dans un tems donné.

La quantité de la Force centripéte motrice eſt le produit de la viteſſe accélératrice par la maſſe du corps qui tombe, ou qui tend à tomber. C'eſt-là tellement la penſée de Newton, qu'il dit dans l'explication de cette huitième Définition, que la Force centripéte accélératrice eſt à la Force centripéte motrice, ce que la viteſſe eſt au mouvement. Mais la quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par la viteſſe (*définition 2.*); donc la quantité de la Force centripéte motrice doit être le produit de la viteſſe accélératrice par la maſſe du corps qui tombe, ou qui tend à tomber. C'eſt ici que Newton avertit ſon lecteur que, conſidérant les centres comme des points purement mathématiques, il n'a jamais penſé à leur attribuer aucune force réelle, lorſqu'il a dit, pour être plus

court, que les centres attiroient. *Caveat lector ne per hujus-modi voces cogitet me speciem vel modum actionis, causamve aut rationem physicam alicubi definire, vel centris, quæ sunt puncta mathematica, vires verè & physicè tribuere; si forte aut centra trahere, aut vires centrorum esse dixero.*

Le Scholie qui doit faire comme la seconde partie de cette lettre, suit ce sage avertissement. C'est une espèce de dissertation métaphysique sur le *Tems*, l'*Espace*, le *Lieu* & le *Mouvement*. Je me garderai bien de vous en envoyer l'abrégé. Je me rappelle que, dans la vie littéraire de Descartes, je fis main basse sur pareilles Questions. Vous approuvates ma conduite; & vous ajoutates que les notions dont tout le monde a comme des idées innées, on étoit sur de les obscurcir, lorsqu'on vouloit les trop approfondir (*). Je ne sçaurois cependant m'empêcher de vous faire remarquer que ce que nous appellons *mouvement commun*, Newton le nomme

(*) Tome I. de cet ouvrage pag. 228.

mouvement absolu ; & ce que nous appellons *mouvement particulier* , Newton le nomme *mouvement relatif.* Nous disons , *par exemple* , tous les jours qu'un homme qui se proméne d'Orient en Occident , se meut en même tems & d'Orient en Occident , & d'Occident en Orient ; mais nous ajoutons qu'il se meut d'Orient en Occident par un mouvement qui lui est propre & particulier , & d'Occident en Orient par un mouvement qui lui est commun avec la Terre qui tourne périodiquement autour du Soleil selon l'ordre des signes du Zodiaque. Newton dans la dissertation dont nous parlons , nous dit que cet homme se meut avec la Terre d'un mouvement absolu d'Occident en Orient , & qu'il se meut sur la Terre d'un mouvement relatif d'Orient en Occident. C'est dire la même chose en différens termes. Je réserve pour une seconde lettre les remarques que j'ai faites , en lisant les régles du mouvement que donne Newton au commencement de son livre des Principes. Je suis , &c.

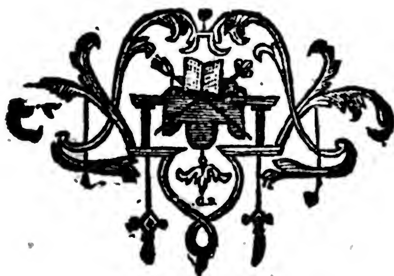
Notes pour la Lettre seconde.

(*a*) 1°. La force vive suppose le mouvement actuel; la force morte ne dit que la tendance au mouvement. La force d'un corps qui tombe est donc une force vive, & celle d'un corps qui, suspendu par un fil, tend à tomber, n'est qu'une force morte.

2°. M. Leibnitz vouloit que la force vive fut égale au produit de la masse par le quarré de la vitesse actuelle, & qne la force morte ne fut égale qu'au produit de la masse par la vitesse dispositive. Dans ce sistéme un corps de deux livres qui tomberoit avec 2 degrés de vitesse, auroit 8 degrés de force, parce que le quarré de 2 = 4, & que 2 livres de masse multipliant 4 donnent 8 de produit.

3°. M. de Mairan a démontré que la mesure de la force vive étoit le produit de la masse par la simple vitesse. Voici sa démonstration. Je suppose, *dit-il*, que les corps élastiques A & B se meuvent directement l'un contre l'autre, le premier avec 3 livres de masse & un degré de vitesse, le second avec 1 livre de masse & 3 degrés de vitesse; ces deux corps, après le choc, réjailliront avec leur ancienne vitesse; donc aucun des deux n'a été vaincu; donc ils avoient, avant le choc, égale force. Mais dans le sistéme de Leibnitz ils n'ont pas égale force; car la force du corps A = 3 × 1 = 3, & celle du

corps B = 1 × 9 = 9 ; donc le ſiſtéme de Leibnitz eſt faux. Multipliez au contraire la maſſe par la ſimple viteſſe ; vous trouverez égale force dans les corps A & B ; donc la meſure de la force vive n'eſt que le produit de la maſſe par la ſimple viteſſe ; donc la meſure de la force vive eſt la même que celle de la force morte.



LETTRE TROISIÉME.

Régles générales du mouvement. Réflexions sur la troisième de ces loix. Corollaires & Scholie dont ces loix sont suivies. Réflexions sur les Corollaires & sur le Scholie.

NEwton donne comme Descartes, Monsieur, trois régles générales du mouvement. Les voici telles qu'elles sont dans le livre des Principes.

Tout corps persévére dans l'état de repos; ou de mouvement uniforme en ligne droite, selon qu'il se trouve dans l'un ou dans l'autre de ces deux états, à moins que quelque force n'agisse sur lui & ne le contraigne à passer du repos au mouvement, ou du mouvement au repos. Je n'ai rien à vous dire sur cette loi; elle contient les deux premières de Descartes, que nous avons admises sans contestation, & que nous avons expliquées assez au long, Tom. I. pag. 224, 225 & 233.

Les

Les changements qui arrivent dans le mouvement, ſont proportionnels à la Force motrice qui les occaſionne, & ils ſe font dans la ligne droite ſelon laquelle cette force a été imprimée. C'eſt-là la ſeconde Loi de Newton. Elle n'a pas beſoin d'explication; tout le monde ſçait que l'effet eſt proportionnel à ſa cauſe.

La réaction eſt toujours égale & contraire à l'action. Newton, pour nous faire adopter cette loi, nous dit que tout corps qui preſſe, ou tire un autre corps eſt en même tems tiré, ou preſſé lui-même par cet autre corps. Il ajoute que ſi on preſſe une pierre avec le doigt, le doigt eſt preſſé en même tems par la pierre. Il me paroit, Monſieur, que ces deux exemples prouvent ſeulement qu'il n'y a jamais d'*action* ſans *réaction* en ſens contraire; mais je ne vois pas qu'ils prouvent l'égalité entre l'*action* & la *réaction*. Newton a beau dire qu'un cheval qui tire une pierre par le moyen d'une corde, eſt également tiré par la pierre. Je ne le crois pas, puiſque la *réacti on* de la pierre céde à l'*action* du cheval. Je voudrois donc, pour rendre

cette loi inconteſtable, l'exprimer de la ſorte : *La réaction eſt toujours égale & contraire à l'action détruite.* Un Cheval, *par-exemple*, qui a 200 de force tirera une pierre qui a 100 de réſiſtance ; mais comment la tirera-t-il ? Avec 100 de force ſeulement ; donc l'*action détruite* eſt 100. Mais la *réaction* de la pierre eſt 100 ; donc la *réaction eſt toujours égale & contraire à l'action détruite.* Newton tire de ces trois loix une foule de Corollaires ; voici le plus intéreſſant.

Un corps pouſſé en même tems horizontalement & perpendiculairement, parcourra une ligne oblique qui ſeroit la diagonale d'un parallélogramme qui auroit pour hauteur la ligne ſuivant laquelle le corps a été pouſſé perpendiculairement, & pour largeur ou pour baſe la ligne ſuivant laquelle ce même corps a été pouſſé horizontalement. Je n'en ſuis pas ſurpris. Tout corps eſſentiellement indifférent à tel ou tel mouvement, doit obéir en même tems à la force qui le pouſſe horizontalement, & à celle qui le pouſſe perpendiculairement ; il doit donc parcourir

une ligne qui ſe trouve entre la direction horizontale, & la direction perpendiculaire. Mais telle eſt la diagonale dont nous parlons ; donc tout corps pouſſé en même tems horizontalement & perpendiculairement, doit parcourir néceſſairement cette diagonale. Il me paroit, Monſieur, que ce Corollaire dépend plutôt de la Force d'inertie dont je vous ai parlé dans la définition 3 de ma lettre précédente, que des loix générales du mouvement.

Dans les 5 autres Corollaires, & dans le Scholie qui les ſuit, Newton donne la plupart des régles du Mouvement qui s'obſervent dans le choc des corps durs, élaſtiques & mous, & l'explication des Machines les plus ſimples de la Méchanique. Je vous avouerai naturellement que je ne l'aurois pas compris, ſi je n'avois pas ſçu toutes ces régles, avant que de commencer à lire ſon Livre. Il ſemble que votre Newton ait affecté de ſe rendre obſcur. Si cela continue ; j'apprendrai la Phyſique Newtonienne dans le compte que vous venez de

me rendre de ſon opuſcule ſur le ſiſtême du Monde. Il y a 8 à 10 jours que j'étudie la ſection première du livre premier des Principes ; je n'oſe pas vous dire que je n'y entends preſque rien. J'attens avec impatience votre réponſe, avant que de prendre une dernière réſolution. Je ſuis, &c.

RÉPONSE

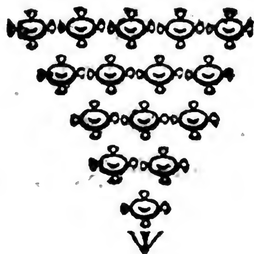
Aux deux Lettres précédentes.

IL n'eſt pas ſurprenant, mon cher Chevalier, que vous ayez eu de la peine à comprendre la ſection première du premier livre des *Principes* ; elle ſuppoſe la ſcience du calcul des fluxions dont je ſçais que vons n'avez aucune idée. Je dois vous en parler dans le livre ſuivant. J'eſpère vous en dire aſſez, pour vous mettre en état de comprendre les Lemmes qui vous ont arrété pendant ſi long-tems. Vous pouvez, en attendant, relire les deux premiers livres de la vie littéraire de Newton. Je

vous assure que les principaux points de la Physique Newtonienne y sont traités, souvent d'une manière plus détaillée, & toujours d'une manière plus claire que dans le livre des *Principes.* C'est-là ce qui m'engage à ne plus vous parler de cet ouvrage. Je vous inviterai dans quelque tems à en lire un, où Newton sera mis dans le plus grand jour. L'Auteur (c'est le même qui m'a fourni la note *e* de la lettre 2 du livre précédent) est du petit nombre des grands Géométres pour qui les ouvrages du sçavant Anglois n'ont rien de difficile. Je veux cependant, avant que de vous parler du calcul des *Fluxions*, vous dire un mot du Scholie général qui termine le livre des *Principes.* Newton, après nous avoir mis sous les yeux l'arrangement admirable du Soleil, des Planétes & des Cométes, nous fait remarquer que cet arrangement ne peut être que l'ouvrage d'un Être tout puissant & intelligent. Cet Être infini, *dit-il*, gouverne tout, comme le Seigneur de toutes choses. Sa Puissance su-

prême s'étend non-seulement sur des Êtres matériels, mais sur des Êtres pensans qui lui sont soumis; sur des Êtres dont l'Ame n'a pas des parties successives comme la durée, ni des parties coexistantes comme l'espace. Dieu est présent par-tout, non-seulement *virtuellement*, mais *substantiellement*, car on ne peut agir où l'on n'est pas. Il est tout œil, tout oreille, tout cerveau, tout bras, tout sensation, tout intelligence, & tout action: d'une façon nullement humaine, encore moins corporelle & entièrement inconnuë. Car de même qu'un aveugle n'a pas d'idée des couleurs; ainsi nous n'avons point d'idées de la manière dont l'Être supréme sent & connoit toutes choses. Il n'a point de corps, ni de forme corporelle; ainsi il ne peut être ni vu, ni touché, ni entendu. Nous avons des idées de ses attributs, mais nous n'en avons aucune de sa substance. Nous le connoissons seulement par ses propriétés & ses attributs, par la structure très sage & très-excellente des choses, & par leurs causes

finales ; nous l'admirons à cauſe de ſes perfections ; nous le révérons & nous l'adorons à cauſe de ſon empire ; car un Dieu ſans providence, ſans empire, & ſans cauſes finales, ne ſeroit autre choſe que le Deſtin & la Nature. Ainſi parle Newton. Je vous exhorte, mon cher Chevalier, à faire lire cette lettre aux Athées, aux Déiſtes & aux Matérialiſtes dont ce malheureux ſiécle n'eſt que trop fourni. Ils apprendront que leurs Siſtémes impies & extravagants ſont incompatibles avec le véritable Newtonianiſme. Je ſuis, &c.





LIVRE QUATRIÉME.

Du calcul des Fluxions trouvé par Newton, & de quelques opuscules composés par ce Physicien.

LETTRE PREMIERE.

Procès entre Newton & Leibnitz au sujet du calcul infinitésimal. Idée génerale de ce calcul. Principes sur lesquels il est fondé. Application de ce calcul à une proposition de Géométrie. Lemmes de Newton dont la démonstration est fondée sur ce même calcul.

PArmi les Ouvrages de Newton dont je vous ai fait l'énumération au commencement de cette vie littéraire, je ne connois, mon cher Chevalier, que celui des *Fluxions* qui ait quelque rapport avec la Physique. Le livre des Principes mathéma-

tiques de la Philosophie naturelle est fondé sur ce calcul sublime qui n'est pas distingué du calcul différentiel. Newton trouva cette admirable méthode, en l'année 1669, & 3 ans après il la communiqua aux Sçavans par une lettre qui devint dans la suite la principale piéce d'un fameux procès. En l'année 1684, Leibnitz donna, dans les Actes de Leipsick, les régles du calcul différentiel. Keil l'accusa de les avoir prises de Newton ; & la Société Royale de Londres, à qui il parut démontré que Leibnitz avoit eu pendant long-tems entre les mains la lettre dont je viens de parler, décida que Keil n'étoit pas un calomniateur, & qu'il avoit eu raison de dire que Leibnitz avoit donné sous d'autres noms & d'autres caractéres le calcul des *Fluxions* inventé par Newton. En effet ce que Newton appelle *Fluente*, Leibnitz l'appelle *intègrale*. Ce que le premier nomme *Fluxion*, le second l'appelle *différence infiniment petite*. Ce que celui-là marque par un *point* mis au-dessus de la lettre qui représente

la viteſſe qui a flué, c'eſt-à-dire, qui a augmenté d'une quantité infiniment petite, celui-ci le marque par un *d* mis à côté de la quantité variable qui a augmenté d'une quantité infiniment petite. Ainſi le $\dot{x}$ de Newton ſignifie la même choſe que le *dx* de Leibnitz. M. de Fontenelle dans ſes Élémens de la Géométrie de l'infini, a ſouſcrit au jugement de la Société Royale de Londres. *Le tems*, dit-il, *étoit arrivé où la Géométrie devoit enfanter le calcul de l'infini. M. Newton trouva le premier ce merveilleux calcul.* En voici, mon cher Chevalier, les notions; elles vous ſerviront à lire ſans peine les Lemmes de la ſection première du livre des Principes dont vous m'avez parlé dans votre dernière lettre.

1°. Dans la Géométrie ordinaire l'on ſuppoſe les grandeurs déjà formées; & pour les connoître, ou plutôt pour connoître leurs rapports, on les compare ou avec leurs parties immédiatement, ou avec d'autres grandeurs de même eſpèce. Dans un triangle, *par-exemple*, la connoiſſance des côtés conduit à la connoiſſance des

angles. C'est en plaçant un triangle sur un autre, qu'on démontre leur égalité, ou leur inégalité &c. Dans la Géométrie sublime l'on tient une route un peu différente; l'on a recours à la génération des grandeurs, ou des quantités, c'est-à-dire, l'on examine comment telle, ou telle grandeur a été produite, & l'on en déduit les rélations qu'elles ont les unes avec les autres, en comparant les Puissances qui ont concouru à leur formation. On se représente toujours toute quantité finie, comme composée d'un nombre infini de parties infiniment petites. On pousse bien plus loin la division; on se représente un infiniment petit du premier ordre comme composé d'un nombre infini de parties infiniment petites appartenant à un infiniment petit du second ordre; & ainsi des autres ordres d'infiniment petits. Une partie infiniment petite de la grandeur x s'appelle dx, ou $\dot{x}$. La première caractéristique est plus commode que la seconde. Les fractions $\frac{1}{\infty}$, $\frac{1}{\infty^2}$, $\frac{1}{\infty^3}$ &c. mar-

quent des infiniment petits du premier, second, troisième ordre &c.

2°. Une quantité augmentée, ou diminuée de sa *différence*, c'est-à-dire, d'une de ses parties infiniment petites, est sensiblement la même. Ainsi $x + dx = x$; & $x - dx = x. \frac{1}{\infty} + \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty}$. De même $\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty}$. Ce que je viens de vous dire (*num. 1.*) a du vous préparer, mon cher Chevalier, à cet *axiome*, ou plutôt, à cette *demande* que les commençans n'accordent qu'avec peine, & qui cependant est le fondement du calcul différentiel. Wolf (*), pour prouver que l'on a droit de calculer ainsi, nous fait remarquer que l'on regarde comme infiniment exactes les opérations des Géométres & des Astronomes qui cependant font tous les jours des omissions beaucoup plus considérables. Lorsqu'on prend, *dit-il*, la hauteur d'une montagne, fait-on attention à un grain de sable que le vent

(*) Cours de Mathématique, Tome I. pag. 418.

peut enlever de deſſus ſon ſommet ? Lorſque les Aſtronomes nous parlent des Étoiles fixes, ne négligent-ils pas le diamétre de la Terre dont la valeur eſt d'environ trois mille lieues ? Lorſqu'ils calculent les éclipſes de Lune, ne regardent-ils pas la Terre comme ſphérique, & par conſéquent ont-ils égard aux maiſons, aux tours, aux montagnes qui ſe trouvent ſur ſa ſurface. Or tout cela eſt beaucoup moins à négliger que dx, puiſqu'il faut un nombre infini de dx pour faire x; donc le calcul différentiel, ou infinitéſimal eſt dans le fond le plus ſur des calculs. *Ut natura infiniteſimarum ritè intelligatur, ad ſequentia animum advertiſſe juvat. Ponamus te dimetiri montis altitudinem; dum verò per dioptras collineas, flatu venti pulviſculum abigi: montis ergò altitudo diametro unius pulviſculi cenſetur imminuta. Enimvero quoniam eadem altitudo montis invenitur, ſive pulviſculum illud vertici adhæreat, ſive abigatur; quantitas ejus diametri in præſente negotio pro nihilo habenda, hoc eſt, infinitè parva exiſtit. Si-*

militer in Astronomiâ diameter Telluris respectu fixarum habetur pro puncto, seu infinitesima: idem enim observaretur motus primus, si tellus esset punctum individuum. Eodem etiam modo in eclipsibus lunaribus computandis Terra pro sphærâ perfectà, consequenter montium, multòque magis ædium ac turrium altitudines pro infinitesimis habentur: neque enim aliter nobis appareret umbra Telluris super disco Lunæ, si Terra sphæra perfecta esset. Wolf, pour prouver qu'il peut y avoir des infiniment petits dont les uns soient infiniment plus grands que les autres, nous fait remarquer que le diamétre de la Terre, infiniment petit, comparé avec la distance qui se trouve entre les Étoiles & Nous, est comme infiniment grand, si on le compte avec la hauteur de nos montagnes ordinaires. *Apparet adeò hinc nomen infinitesimæ esse respectivum: involvit nempè relationem ad aliam quantitatem datam, cujus respectu infinitesima dicitur. Exempli gratiâ, diameter Telluris in eclipsibus lunaribus est infinitè magna respectu altitudinis mon-*

tium; sed eadem tamen est infinitè parva respectu distantiæ fixarum in ordine ad motum primum. Il n'est aucune de ces raisons qui ne me paroisse très-recevable. J'en ai vû cependant de meilleures dans le livre manuscrit dont je vous ai parlé dans ma lettre précédente; aussi ne me reste-t-il maintenant aucun scrupule, lorsqu'il m'arrive de n'avoir aucun égard dans le calcul différentiel, ou ailleurs, à quelque quantité infiniment petite, de quelque ordre qu'elle puisse être.

Mais il est tems, mon cher Chevalier, de vous apporter quelque exemple où l'on ait été obligé de négliger quelque partie infiniment petite d'un *Tout*. En voici un bien sensible. L'on me demande de trouver par le calcul infinitésimal l'aire du triangle rectangle ABE (Fig. 1. Pl. 4); je considére la ligne BE comme infiniment près de la ligne CD, & par conséquent le trapeze BCDE sera une partie infiniment petite de l'aire triangulaire CAD. Dans le trapeze BCDE, je néglige le petit trian-

gle DME; ce n'eſt qu'un infiniment petit du ſecond ordre, puiſque c'eſt une partie d'un infiniment petit du premier ordre. Je nomme AB, a; BE, b; CD, y, AC, x; CB, élément différentiel de AC, ſera dx. Pour avoir l'aire du rectangle infiniment petit BCDM, je multiplie la baſe CD par la hauteur CB; ce qui me donne ydx. Il eſt démontré dans les élémens d'Euclide (*) que AB:BE::AC:CD, parce que les deux triangles ABE & ACD ſont équiangles; donc $a:b::x:y$; donc $ay = bx$; donc $y = \frac{bx}{a}$; donc ſi l'aire du rectangle BCDM eſt ydx, elle ſera $\frac{bxdx}{a}$. L'intégrale de $\frac{bxdx}{a}$ eſt $\frac{bxx}{2a}$ qui donne l'aire du triangle CAD. Mais le point C étanr infiniment près du point B, l'on aura AC=AB; donc l'on aura $x = a$, & $\frac{bxx}{2a} = \frac{baa}{2a} = \frac{ba}{2} = b \times \frac{a}{2}$; donc, malgré les deux omiſſions que l'on a été obligé de faire, l'on aura, par le cal-

(*) Livre 6. Prop. 4.

cul infinitésimal, comme par la Géométrie ordinaire, l'aire du triangle A B E, en multipliant sa base B E par la moitié de sa hauteur A B; nouvelle preuve que ces sortes d'omissions ne tirent pas à conséquence.

3°. En Géométrie les quantités sont supposées accrues, ou diminuées, ou totalement produites par le mouvement, ou par une *fluxion* analogue au mouvement. Cette fluxion ne peut être que la vîtesse, ou cette puissance qui fait parcourir au mobile un certain espace dans un certain tems. Les lignes sont conçues produites par le mouvement des points; les surfaces par le mouvement des lignes; & les solides par le mouvement des surfaces. On dit, *par exemple*, qu'une ligne droite a été décrite par un point qui s'est mû dans la même direction avec telle ou telle vîtesse; la surface d'un rectangle par le mouvement d'une ligne droite qui s'est mue parallélement à elle-même; & un cube par le mouvement d'une surface qui s'est mue à son tour parallélement à elle-même.

4°. Il y a deux manières de concevoir comment un angle a été formé. D'abord il peut avoir été produit par deux points qui ſont partis du même endroit, & qui, en s'écartant toujours l'un de l'autre, ont décrit chacun une ligne droite; ou bien par deux points qui, après avoir produit chacun une ligne droite, ſont enſuite venus ſe réunir à un endroit que l'on appelle le ſommet de l'angle. La première fluxion de deux points qui partent du même endroit pour former un angle, en s'éloignant l'un de l'autre, s'appelle la *première raiſon*. La dernière fluxion de deux points qui viennent par différens chemins au même endroit, pour y former un angle, ſe nomme la *dernière raiſon*. La méthode des *premières & dernières raiſons*, ou des premiers & derniers rapports dont parle Newton dans la ſection première du livre premier de ſon livre des Principes, n'eſt donc dans toute la rigueur des termes que la méthode des fluxions, ou le calcul infinitéſimal. Avec ces notions il me paroit, mon

cher Chevalier, qu'il ne vous ſera pas difficile de comprendre les Lemmes qui forment cette première ſection. Les voici.

Lemme I. Les quantités & les raiſons des quantités qui tendent continuellement à devenir égales pendant un tems fini, & qui avant la fin de ce tems approchent tellement de l'égalité, que leur différence eſt plus petite qu'aucune différence donnée, deviennent à la fin égales. Je le comprens bien; puis qu'avant que de les ſuppoſer égales, on ſuppoſe qu'elles ne différent que d'une quantité infiniment petite.

Lemme 2. Si dans une figure quelconque A *a c* E (Fig. 2. Pl. 4.), *compriſe eutre les lignes droites* A *a*, AE, *& la courbe a c* E, *on inſerit un nombre quelconque de parallélogrammes* AK*b*B, BL*c*C, CM*d*D *&c. compris ſous les baſes égales* AB, BC, CD *&c., & ſous les côtés* B*b*, C*c*, D*d &c. paralléles au côté* A*a de la figure; & qu'on achéve les parallélogrammes a*K*b l, b*L*c m, c*M*d n &c. qu'on diminue enſuite la largeur de ces parallélogrammes, & qu'on aug-*

mente leur nombre à l'infini : les dernières raisons qu'auront entr'elles la figure inscrite AK*b*L*c*M*d*D, *la circonscrite* A*albm* *cndo*E, *& la curviligne* A*abcd*E, *seront des raisons d'égalité.* Cela saute aux yeux, puisque ces figures ne différeront que par des triangles infiniment petits, que l'on peut aussi bien négliger, que nous avons négligé le triangle DME, lorsque nous avons mésuré l'aire du triangle ABE, (Fig. 1. Pl. 4.).

Lemme III. Les dernières raisons de ces mêmes figures seront encore des raisons d'égalité, quoique les bases AB, BC, CD, &c. des parallélogrammes soient inégales, pourvu qu'elles diminuent toutes à l'infini. Ce Lemme est un corollaire du précédent, & de l'Axiome dont je vous ai parlé (*num.* 2)

Lemme IV. Si dans deux figures A*ac*E, P*pr*T, (Fig. 2 & 3, Pl. 4), *on inscrit, comme ci-dessus, deux suites de parallélogrammes, dont le nombre soit le même, & que lorsque leurs largeurs diminuent à l'infini, les dernières raisons des parallélogram-*

mes de l'une des figures aux parallélogrammes de l'autre, chacun à chacun, soient les mêmes; ces deux figures A *a c* E, P *p r* T, *seront entr'elles dans cette même raison*, c'est-à-dire, seront égales, puisque leurs aires contiendront un nombre égal de parallélogrammes égaux.

Lemme V. Tous les côtés homologues des figures semblables sont proportionnels, tant dans les figures curvilignes, que dans les rectilignes, & leurs aires sont en raison doublée de ces côtés, c'est-à-dire, comme les quarrés de ces côtés. Ce sont-là les premiers élémens de la plus simple Géométrie. Voyez le livre 6 des élémens d'Euclide.

Lemme VI. Si un arc de cercle A *c* B, (Fig. 4 Pl. 4) *donné de position, est soutenu par la corde* A B, *& qu'au point* A *placé au milieu de sa courbure continue, il soit touché par une ligne droite* A D *prolongée des deux côtés, & que les points* A & B *s'approchent l'un de l'autre jusqu'à ce qu'ils coincident; l'angle* B A D, *compris sous la*

tangente & la corde, diminuera à l'infini, & s'évanouira à la fin. Apparemment Newton ſuppoſe que l'arc A *c* B n'eſt pas le ſeul à s'évanouir, mais que la corde AB & la tangente AD ſuivent l'exemple de l'arc auquel elles appartiennent; le Lemme ſuivant paroit inſinuer que c'eſt là la penſée de l'Auteur.

Lemme VII. Les mêmes choſes étant poſées, la dernière raiſon qu'ont entr'elles l'arc, la corde & la tangente, eſt la raiſon d'égalité. En effet l'arc, la corde & la tangente ſe trouveront enſemble dans un endroit infiniment petit.

Lemme VIII. Si les lignes droites données AR, BR (Fig. 4 Pl. 4), *l'arc* A *c* B, *la corde* AB, *& la tangente* AD, *forment trois triangles* RAB, RACB, RAD, *& que les points* A & B *s'approchent l'un de l'autre; ces triangles qui s'évanouiront, seront à la fin ſemblables, & leur dernière raiſon ſera la raiſon d'égalité.* Une fois que la Tangente AD, l'arc A *c* B, & la corde AB ſe ſeront évanouis, la ligne RD ſera

infiniment près de la ligne RA, de laquelle elle ne différera que d'un infiniment petit; donc non ſeulement les trois triangles RAB, RAϵB & RAD qui s'évanouiront, ſeront à la fin ſemblables, mais encore leur dernière raiſon ſera la raiſon d'égalité.

Lemme IX. Soient données de poſition la ligne droite AE, *& la courbe* ABC, (Fig. 5. Pl. 4.) *qui ſe coupent ſous un angle donné* A; *& ſoient menées de cette droite ſous un autre angle donné les ordonnées* BD, CE *qui rencontrent la courbe en* B *& en* C; *ſi l'on ſuppoſe enſuite que les points* B *&* C *s'approchent l'un & l'autre continuellement du point* A; *les Aires des triangles* ABD, *&* ACE, *ſeront à la fin entr'elles en raiſon doublée des côtés.* En effet les aires des triangles ſemblables ABD & ACE ſont en raiſon doublée de leurs côtés homologues, *par le Lemme V*; donc en s'évanouiſſant, ils continueront d'être ſemblables; donc ils auront encore à la fin leurs aires en raiſon doublée des côtés.

Lemme X. Les espaces qu'une force finie fait parcourir au corps qu'elle presse, soit que cette force soit déterminée & immuable, soit qu'elle augmente & & diminue continuellement, sont dans le commencement du mouvement en raison doublee des temps, c'est-à-dire, comme les quarrés des tems. Newton le démontre ainsi de la manière la plus claire. Que les lignes AD, AE représentent les tems, & les ordonnées DB, EC les vitesses produites; les espaces décrits avec ces vitesses seront comme les aires ABD, ACE qui auroient été décrites par la fluxion de ces ordonnées. Mais, *par le Lemme précédent*, les aires ABD, ACE sont en raison doublée des côtés AD, AE; donc elles sont en raison doublée des tems; donc les espaces &c.

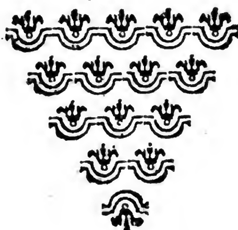
Lemme XI. Dans toutes les courbes qui ont une courbure finie au point de contact, la soutendante évanouissante d'un angle de contact, est à la fin en raison doublée de la soutendante de l'arc qu'elle termine. Par-exemple, $AB^2 : Ab^2 :: DB : db$. (Fig. 6 Pl. 4.)

En

En effet les deux triangles A B G, & A D B ſont équiangles, à cauſe des angles droits B & D, & des angles alternes égaux B A G & D B A; donc, *par propoſition 4e du 6e livre d'Euclide.* L'on aura la proportion ſuivante, A G : A B : : A B : D B ; donc $AB^2 = AG \times DB$, l'on aura par la même voie $Ab^2 = Ag \times db$; donc $AB^2 : Ab^2 :: AG \times DB : Ag \times db$. Mais en s'évanouiſſant A G devient ſenſiblement égal a A *g*; donc dans l'hypothéſe de Newton, $AB^2 : Ab^2 :: DB : db$.

Voilà, mon cher Chevalier, les 11 fameux Lemmes que le Philoſophe Anglois paroit regarder comme l'Ame de ſon livre des Principes. Je ne blâme pas ſa méthode: mais je vous aſſure que l'on peut, ſans leur ſecours, démontrer ce qu'il y a de plus eſſentiel dans cet ouvrage, & peut-être même plus clairement qu'il ne la fait par le calcul infinitéſimal. Je ne m'en ſuis ſervi qu'une ſeule fois dans le ſecond livre de cette vie littéraire; & cependant j'y ai traité tout ce qu'il y a de plus difficile & de

plus ſublime dans la Phyſique de Newton. C'eſt-là ce qui m'engage à ne pas continuer à vous rendre compte du livre des Principes ; je ſerois abſolument obligé de tomber dans des répetitions ennuyeuſes, ou de dire la même choſe en deux façons. Si vous ſçavez quelque anecdote intéreſſante qui puiſſe entrer dans la vie littéraire de Newton, je vous prie de m'en faire part ; votre lettre terminera le ſecond volume de cet ouvrage. Je ſuis, &c.



LETTRE SECONDE.

Sentiment de Newton sur la nature des Acides, & sur les causes des Fermentations. Critique de ce sentiment. Pensées diverses du même Auteur sur différens sujets de Physique. Réflexions sur ces Pensées.

J'Ai bien des lettres à vous envoyer, Monsieur, avant que d'en venir à celle qui doit terminer la vie littéraire de Newton. Depuis que j'ai renoncé à la lecture de son livre des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle, j'ai lu une foule d'opuscules du même Auteur; vous ne serez pas faché que je vous envoie les extraits de quelques-uns. Je commence par celui qui me paroit le moins intéressant de tous. Il est intitulé *Opusculum XX. Isaaci Newtoni, Dissertatio de Naturâ Acidorum cum ejusdem cogitationibus variis.* Newton définit d'abord les acides des *corpuscules plus massifs que les particules aqueuses, &*

plus déliés que les particules terreſtres. Il leur donne à chacun une attraction active & paſſive des plus fortes, active vis-à-vis les corps qui ſont moindres en maſſe, & paſſive vis-à-vis ceux qui ſont plus gros en maſſe qu'eux. Auſſi, *dit-il*, les voit-on s'aſſembler avec impétuoſité autour des pierres, des métaux, des corps les plus durs, s'inſinuer dans leur ſein, les agiter, les diviſer, les mettre en un million de piéces. En un mot Newton prétend que par l'attraction active & paſſive des Acides, l'on explique ſans peine tous les phénoménes que nous préſentent les Fermentations, de quelque eſpèce qu'elles ſoient. Je connois votre manière de penſer, Monſieur ; je ſuis perſuadé que, s'il n'eſt pas impoſſible de rapporrer tous ces effets à des cauſes immédiates & méchaniques, vous n'aurez pas recours à une attraction qui dans le fond ne ſeroit pas ſi forte, ſi elle ne ſe faiſoit qu'en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, & qui ſeroit inſoutenable, ſi elle ſe faiſoit ſuivant quelqu'autre loi. Pour moi

je me contente de regarder avec tous les Chimiſtes les acides comme des corps roides, longs, pointus, tranchans & tout-à-fait propres à s'inſinuer par une infinité d'endroits dans des eſpèces de guaines, ou de corps poreux & ſpongieux que j'appelle *Alkalis.* Je ſçais que, pour être Phyſicien, il faut déterminer la cauſe qui pouſſe avec une viteſſe preſqu'infinie les uns dans les autres; auſſi vous laiſſé-je le ſoin de faire cette recherche. Je ſuis perſuadé que vous en direz un mot dans votre ſiſtéme mixte. J'en viens aux Penſées différentes de Newton qui terminent ſon opuſcule ſur les Acides. Comme la plûpart ſont originales, je vais vous rapporter les propres paroles de l'Auteur. Vous me permettrez bien de faire des réflexions ſur ſa manière de penſer.

Flamma eſt fumus candens, differtque à fumo, ut ferrum rubens ab ignito, ſed non rubente. Quand même le fait ſeroit vrai, ce que peu de Phyſiciens accorderont, Newton auroit dû nous apprendre ce que c'eſt

qu'une fumée ardente & blanchâtre. Sans cela sa découverte nous devient inutile.

Calor est agitatio partium quaquaversum. Qui en doute ? Mais il faut en assigner la cause ; & voilà le difficile. Je vous en charge, & m'en décharge.

Nihil est absolutè quiescens secundum partes suas, & ideo frigidum, præter atomos, vacui scilicet expertes. Cela est vrai. Nos corps froids ne le sont que vis-à-vis d'autres qui ont en effet plus de chaleur qu'eux.

Terra augetur aquâ in eam conversâ, & omnia in aquam, vi ignis, reduci possunt. Je crois que Newton auroit eu bien affaire, si on l'avoit prié de changer l'or en eau. Chargeons les Poëtes de faire de pareilles métamorphoses : les Physiciens n'y entendent rien.

Nitrum abit distillatione magnam partem in spiritum acidum, relictâ terrâ, quia acidum nitri attrahit phlegma ; & idcircò simul ascendunt, constituuntque spiritum. At nitrum carbone accensum magnam partem abit in sal tartari, quia ignis eo modo ap-

plicatus partes acidi & terræ in ſe ſe impingit, fortiúſque unit. Je voudrois demander aux Chymiſtes ſi le fait eſt vrai ; je ſuis bien ſûr que l'attraction dont parle Newton, n'en eſt pas la cauſe.

Spiritus ardentes ſunt olea cum phlegmate per fermentationem unita. Soit communiqué aux Chymiſtes.

Tinctura cochinellæ cum ſpiritu vini facta, in aquæ magnam molem, parvâ licet doſi totam aquam inficit ; ſcilicet quia particulæ cochinellæ magis attrahuntur ab aquâ, quàm à ſe mutuò. Le fait eſt vrai, mais l'attraction n'y a point de part. L'on a coutume de s'en ſervir pour prouver que la matière a une diviſibilité incompréhenſible. Voici comment on fait cette expérience. On prend un grain de *Carmin* ; c'eſt une fécule, ou une eſpèce de lie très fine que l'on tire par infuſion de la Cochenille & de quelques matières végétales. On délaye ce grain au fond d'un vaſe dans lequel on jette 20 livres d'eau. Dans l'inſtant l'eau eſt teinte. Alors on

fait remarquer que ce grain de Carmin se divise sans peine au moins en deux millions de parties. En effet 20 livres d'eau contiennent 184320 grains. Chaque grain d'eau, pour être coloré uniformément, doit contenir au moins 10 à 12 particules de Carmin. Donc le grain de Carmin a été divisé sans peine au moins en deux millions de parties. La divisibilité presque infinie de la matière se prouve en Physique par des expériences encore plus frappantes; elles seroient ici déplacées.

Aqua non habet magnam vim dissolvendi, quia pauco acido gaudet. Acidum enim dicimus quod multum attrahit & attrahitur. Videmus nempe ea quæ in aquâ solvuntur lentè & sine effervescentiâ solvi, & ubi est attractio fortis & particulæ menstrui undique attrahuntur à particulis metalli, vel potiùs particula metalli undique attrahitur à particulis menstrui, hæ illam abripiunt & circumsistunt, hoc est, metallum corrodunt. Hæ eædem particulæ sensorio applicatæ ejus partes eodem modo divellunt, dolorem infe-

rant, à quo acidæ appellantur, relictâ ſcilicet terrâ ſubtili, cui adhærebant, ob majorem attractionem ad liquidum linguæ &c. On reprochoit autrefois à Deſcartes de voir par-tout des tourbillons ; ne pourroit-on pas reprocher à Newton de voir par-tout l'attraction ? Chaque homme a ſa manie ; l'homme ſage eſt pour l'ordinaire celui qui eſt moins fou que les autres.

In omni ſolutione per menſtruum particulæ ſolvendæ magis attrahuntur à partibus menſtrui, quam à ſe mutuò. Je n'entends rien à cette Phyſique. Je ſçais que *Menſtrue* & *Diſſolvant* ſignifient la même choſe ; mais je ne reconnois dans aucun menſtrue aucune attraction active ou paſſive.

In omni fermentatione eſt acidum ſuppreſſum, quoad coagulat præcipitando. M. Lemery, l'un des plus fameux Chymiſtes que la France ait produits, parloit bien plus clairement, lorſqu'il diſoit que *coaguler*, c'étoit donner une conſiſtance aux liquides. Il ajoutoit qu'on leur procure cette con-

ſiſtance, en faiſant conſumer une partie de leur humidité ſur le feu, ou bien en mêlant enſemble des liqueurs de différente nature, dont les parties inſenſibles s'accrochent les unes aux autres (1).

Oleum cum nimis magnâ mole phlegmatis intimè mixtum, fit ſalinum quiddam, & ſic acetum conſtituit. Hîc etiam tartari, ſeu terræ admixtæ habenda eſt ratio. Je n'avois jamais entendu dire que l'huile pût ſe changer en vinaigre. Newton a beau l'aſſurer; je ne l'en croirai pas ſur ſa parole.

Mercurius attrahitur, id eſt, corroditur ab acidis, & ſicut pondere obſtructiones tollit, ita vi attractrice acida infringit. Il me paroit que Newton n'a pas eu cette fois-ci le talent de ſe faire entendre.

Mercurius eſt volatilis & facilè elevatur calore, quia ejus particulæ ultimæ compoſitionis ſunt parvæ & facilè ſeparantur, ſeparatæque ſeſe fugiant; ut fit in partibus vaporis, fluidorumque rarefactorum. New-

(1) Cours de Chymie de Léméry commenté par Baron. pag. 34.

ton a raiſon, pourvu qu'il n'attribue pas à des loix de répulſion la fuite des particules dont le mercure eſt composé.

Aqua comprimi non poteſt, quia ejus particulæ jam jam ſeſe tangunt. Et ſi ſe tangerent particulæ aëris (nam aër comprimi poteſt, quia ejus particulæ nondum ſe tangunt) aër evaderet in marmor. Il eſt en effet très difficile de comprimer l'eau. M. l'Abbé Nollet (*) remplit d'eau une boule de métal : il la boucha hermétiquement, & il l'appliqua à une très bonne preſſe. Il vint plutôt à bout de faire ſortir la liqueur par les pores du métal, que de la comprimer.

Aurum particulas habet ſe mutuò trahentes. Minimarum ſummæ vocantur primæ compoſitionis; harum ſummarum ſummæ, ſecundæ compoſitionis, &c. C'eſt toujours Newton qui parle ; il n'eſt pas ſurprenant que l'attraction ſoit remiſe ſur le tapis.

Poteſt mercurius, poteſt aqua regia poros pervadere, qui particulas ultimæ compoſitionis interjacent; at non alios. Les premiers

(*) Leçon 2.

pores dont parle ici Newton, ſont les plus grands de tous; eſt-il étonnant qu'ils ſoient pénétrés par l'eau régale, & par les parties élémentaires du mercure?

Si poſſet Menſtruum alios illos pervadere, vel ſi auri partes primæ & ſecundæ compoſitionis poſſent ſeparari, fieret aurum, vel fluidum, vel ſaltem magis malleabile. Si Aurum fermenteſcere poſſet, in aliud quodvis corpus poſſet transformari. Viſciditas eſt vel ſolum defectus fluiditatis quæ ſita eſt in partium parvitate & ſeparabilitate. (Intellige partes ultimæ compoſitionis), vel defectus lubricitatis, ſeu lævoris, partes unius ſuprà alias labi impediens. Hujus viſciditatis acidum ſæpè cauſa eſt; ſæpè ſpiritus alius lubricus terræ junctus; ut oleum terebenthinæ capiti ſuo mortuo redditum fit tenax. Il paroit que Newton ne croyoit pas qu'il fut poſſible de trouver la pierre philoſophale. Je penſe comme lui. Je n'adopte pas cependant ce qu'il dit ſur les cauſes de la fluidité. Vous m'avez déjà fait remarquer

(*) qu'il falloit, pour expliquer cette qualité des corps, avoir recours à l'action du feu. Les causes dont parle Newton, ne sont que de pures conditions.

Ratio cur charta oleo inuncta transitum oleo, non aquæ concedat, est quia aqua oleo non miscetur, sed fugatur ab eo. J'aimerois mieux dire que l'huile & l'eau sont deux fluides hétérogénes.

Cùm acidæ partes, minores scilicet, aliquid dissolvunt, id faciunt, quia partem rei solvendæ includunt undique, ut potè majorem quâlibet acidi partium. Si la chose en valoit la peine, cette dernière pensée de Newton auroit besoin d'un grand commentaire. Le donnera qui voudra. Je suis &c.

(*) Tome I. de cet Ouvrage, page 235.



RÉPONSE

A la Lettre précédente.

VOtre dernière lettre m'a enchanté, mon cher Chevalier. Je ſuis charmé que vous ayez encore bien des choſes à me dire ſur Newton. Si les extraits que vous avez à m'envoyer, ſont dans le goût de celui que je viens de recevoir, les dernières lettres de ce ſecond volume ne ſeront pas ce qu'il y aura de moins intéreſſant dans cette vie littéraire. Je ſçais que Newton a dreſſé une Table des réfractions aſtronomiques à laquelle on a trouvé quelque choſe à redire; je voudrois bien que vous m'en fiſſiez part; elle doit ſe trouver dans quelqu'un des opuſcules que vous venez de lire; un Phyſicien ne peut guères s'en paſſer, lorſqu'il veut ſur-tout s'adonner à la Phyſique céleſte. J'attens avec une eſpèce d'impatience une de vos lettres, & je ſuis &c.

LETTRE TROISIÉME.

Réfractions de la lumière. Régles qu'elle observe en se réfractant. Cause de ce phénoméne. Table des réfractions dressée par Newton. Table des réfractions dressée par M. l'Abbé de la Caille. Ces deux Tables, quoique très-exactes, doivent différer entre elles : pourquoi ? Méthode pour rendre la dernière de ces Tables utile dans toute sorte de païs, & dans tous les tems de l'année.

IL est trop important à un Astronome de sçavoir de combien de minutes & de secondes les rayons de lumière se courbent en traversant obliquement notre Athmosphére, pour que Newton n'ait pas dressé pendant sa vie une Table des réfractions. On la trouve, Monsieur, dans le Tome II. de ses Opuscules, pag. 409. Je vais vous la rapporter. Les remarques suivantes en apprendront tout le méchanisme.

1°. Un rayon de lumière qui passe obli-

quement d'un milieu plus denſe, dans un milieu plus rare, ſe briſe, ſe courbe, ou ſe réfracte en s'éloignant de la perpendiculaire ; & il nous fait paroitre moins élevé qu'il ne l'eſt réellement, l'objet dont il nous apporte l'image. Ce n'eſt pas là le cas de la réfraction aſtronomique.

2°. Un rayon de lumière qui paſſe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe, ſe réfracte en s'approchant de la perpendiculaire ; & il nous fait paroitre l'objet plus élevé, qu'il ne l'eſt réellement. C'eſt le cas de la réfraction aſtronomique. Un Aſtre ne nous paroit plus élevé ſur l'horizon, qu'il ne l'eſt réellement, que parce que les rayons qu'il nous envoye, ne peuvent pas entrer dans l'athmoſphére terreſtre, ſans paſſer d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe. Auſſi Newton a-t-il obſervé qu'un Aſtre nous paroit élevé de 3 degrés, lorſqu'il ne l'eſt dans la réalité que de trois degrés, moins 13 minures & 20 ſecondes.

3°. Plus un rayon eſt oblique, plus

grande eſt la réfraction qu'il ſouffre en entrant dans l'athmoſphére terreſtre. Newton nous aſſure qn'un Aſtre, à 45 degrés d'élévation, n'a que 54 ſecondes de réfraction, tandis qu'il en ſouffre 3 minutes & 17 ſecondes, lorſqu'il eſt élevé de 15 degrés.

4°. Un rayon de lumière qui paſſe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne ſouffre aucune réfraction, ſoit qu'il paſſe d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe, ſoit qu'il paſſe d'un milieu plus denſe dans un plus rare. Auſſi a-t-on o de réfraction, lorſque l'élévation eſt de 90 degrés. Voilà ce que nous apprennent les obſervations aſtronomiques les mieux conſtatées. Nous avons déjà remarqué en cent endroits de l'Optique de Newton, que la réfraction de la lumière dépendoit évidemment des loix générales de l'attraction. C'eſt un corps infiniment petit ſur lequel nos corps terreſtres ont une action très-ſenſible. Un milieu plus denſe l'attire donc plus qu'un milieu plus rare; elle doit donc ſe

réfracter vers la perpendiculaire, lorſqu'elle paſſe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe. Lorſqu'on n'aura recours à l'attraction, que dans ces ſortes d'occaſions, il n'eſt pas à craindre que le commun des Phyſiciens le trouve mauvais; je ne vois pas à quelles cauſes ſecondes on pourroit rapporter ces phénoménes. Venons-en à la Table que je vous ai annoncée au commencement de cette lettre; elle eſt d'un uſage infini.



TABLE

Des Réfractions de la Lumière par Newton.

Hauteur apparente.		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Secondes.*
0	0	33	45
0	15	30	24
0	30	27	35
0	45	25	11
1	0	23	7
1	15	21	20
1	30	19	46
1	45	18	22
2	0	17	8
2	30	15	2
3	0	13	20
3	30	11	57
4	0	10	48
4	30	9	50
5	0	9	2
5	30	8	21
6	0	7	45
6	30	7	14
7	0	6	47
7	30	6	22
8	0	6	0
8	30	5	40
9	0	5	22
9	30	5	6
10	0	4	52
11	0	4	27
12	0	4	5

Hauteur apparente.		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Secondes.*
13	0	3	47
14	0	3	31
15	0	3	17
16	0	3	4
17	0	2	53
18	0	2	43
19	0	2	34
20	0	2	26
21	0	2	18
22	0	2	11
23	0	2	5
24	0	1	59
25	0	1	54
26	0	1	49
27	0	1	44
28	0	1	40
29	0	1	36
30	0	1	32
31	0	1	28
32	0	1	25
33	0	1	22
34	0	1	19
35	0	1	16
36	0	1	13
37	0	1	11
38	0	1	8
39	0	1	6
40	0	1	4
41	0	1	2
42	0	1	0
43	0	0	58
44	0	0	56
45	0	0	54

Hauteur apparente		Réfractions.	
Degrés.	*Minutes.*	*Minutes.*	*Secondes.*
46	0	0	52
47	0	0	50
48	0	0	48
49	0	0	47
50	0	0	45
51	0	0	44
52	0	0	42
53	0	0	40
54	0	0	39
55	0	0	38
56	0	0	36
57	0	0	35
58	0	0	34
59	0	0	32
60	0	0	31
61	0	0	30
62	0	0	28
63	0	0	27
64	0	0	26
65	0	0	25
66	0	0	24
67	0	0	23
68	0	0	22
69	0	0	21
70	0	0	20
71	0	0	19
72	0	0	18
73	0	0	17
74	0	0	16
75	0	0	15

Comme la Réfraction varie suivant les tems & les lieux, la Table de Newton n'est

bonne que pour l'Angleterre. M. l'Abbé de la Caille en a dressé une pour la France, que l'Académie Royale des Sciences a adoptée. Elle est plus compléte que celle de Newton, puisqu'elle donne la Réfraction d'un Astre, à l'élévation de 89 degrés. Ces deux raisons m'engagent à vous l'envoyer. Les Réfractions y sont marquées en minutes, secondes & dixièmes de seconde.



TABLE

Des Réfractions de la Lumière par M. de la Caille.

Hauteur.	Réfractions.		
Degrés.	*Minutes.*	*Secon.*	*10e de Sec.*
0	33	45	0
1	23	7	0
2	17	8	0
3	15	2	0
4	10	48	0
5	9	2	0
6	8	42	0
7	7	41	0
8	6	51	0
9	6	10	0
10	5	37	0
11	5	9	0
12	4	45	0
13	4	24	0
14	4	5	0
15	3	49	0
16	3	35	0
17	3	23	0
18	3	12	0
19	3	3	0
20	2	54	7
21	2	47	0
22	2	39	8
23	2	33	0
24	2	26	6

Hauteur.	Réfractions.		
Degrés.	Minutes.	Second.	10e de Second.
25	2	20	5
26	2	14	7
27	2	9	2
28	2	4	0
29	1	59	1
30	1	54	4
31	1	50	0
32	1	45	8
33	1	41	8
34	1	38	1
35	1	34	6
36	1	31	2
37	1	28	0
38	1	24	9
39	1	21	9
40	1	19	0
41	1	16	3
42	1	13	7
43	1	11	2
44	1	8	8
45	1	6	5
46	1	4	3
47	1	2	1
48	1	0	0
49	0	57	9
50	0	55	8
51	0	53	8
52	0	51	9
53	0	50	1
54	0	48	3
55	0	46	6
56	0	44	9
57	0	43	2

Hauteur.

Hauteur.		Réfractions.	
Degrés.	Minutes.	Second.	10e de Second.
58	0	41	6
59	0	40	0
60	0	38	4
61	0	36	9
62	0	35	4
63	0	33	9
64	0	32	4
65	0	31	0
66	0	29	6
67	0	28	2
68	0	26	8
69	0	25	5
70	0	24	2
71	0	22	9
72	0	21	6
73	0	20	3
74	0	19	1
75	0	17	8
76	0	16	6
77	0	15	4
78	0	14	1
79	0	12	9
80	0	11	7
81	0	10	5
82	0	9	3
83	0	8	2
84	0	7	0
85	0	5	8
86	0	4	6
87	0	3	5
88	0	2	3
89	0	1	1
90	0	0	0

M. l'Abbé de la Caille nous apprend, Monſieur, que lorſqu'il a conſtruit ſa Table des Réfractions de la lumière, le Barométre étoit alors à Paris à 28 pouces de hauteur, & le Thermométre de M. de Réaumur à 10 degrés au deſſus de 0, c'eſt-à-dire, à 10 degrés au-deſſus du point de la congélation. Sa Table ne ſeroit pas donc exacte hors de Paris ; elle ne le ſeroit pas même dans cette Ville, lorſque le Barométre & le Thermométre ne ſeroient pas à la hauteur dont je viens de vous parler. Ce ſeroit-là ſans doute un très-grand inconvénient. M. l'Abbé de la Caille l'a ſenti, & il n'a pas manqué d'y obvier. Il a obſervé qu'un pouce d'augmentation dans la hauteur du Barométre produit une 27e partie de la réfraction marquée dans ſa Table ; dix degrés d'abaiſſement dans le Thermométre produiſent le même effet. Sur ces Principes il a dreſſé les 4 Tables ſuivantes qui rendent univerſelle ſa Table des Réfractions. Elles procureroient le même avantage à celle de Newton, ſi ce

Phyſicien nous avoit marqué à quelle hauteur ſe trouvoient le Barométre & le Thermométre, lorſqu'il ſe donna la peine de la conſtruire.

La premiere Table contient ce qu'il faudra ôter de la réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorſque le Barométre variera depuis 27 pouces, 4 lignes juſqu'à 28 pouces de hauteur, & le Thermométre depuis le 26e juſqu'au 4e degré au-deſſus du point de la congélation. *Exemple.* Le Soleil, à 18 degrés de hauteur ſur l'horizon, a 3 minutes, 12 ſecondes de réfraction, ou 192 ſecondes. Si le Barométre eſt alors à 28 pouces de hauteur, & le Thermométre à 10 degrés au-deſſus du point de la congélation, je n'ai rien à changer; auſſi ma 1ere Table me donne-t-elle 0. Mais ſi le Barométre eſt à 27 pouces, 8 lignes, & le Thermométre à 24 degrés au-deſſus du point de la congélation, je trouve qu'il faut ôter le nombre 16, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{6}$; car les 4 Tables ſuivantes ne contiennent que des dénomi-

nateurs de différentes fractions qui ont 1 pour numérateur. Je divise donc 192 secondes par 16, & le quotient 14 m'apprend que la réfraction du Soleil n'est alors que de 2 minutes, 58 secondes.

La seconde Table contient ce qu'il faudra ajouter à la Réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorsque le Barométre variera depuis 27 pouces, 4 lignes, & le Thermométre depuis le 9e degrés de hauteur au-dessus du point de la congélation jusqu'au 6e degré au-dessous du même point. *Exemple.* Le Soleil, à 31 degré de hauteur, a 110 secondes de réfraction. Si le Barométre est alors à 28 pouces, & le Thermométre à 5 degrés au-dessus du point de la congélation, la seconde Table me donne $\frac{1}{55}$ d'augmentation ; je conclus que le Soleil a alors 112 secondes de réfraction.

La troisième Table contient ce qu'il faudra ôter de la Réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorsque le Barométre variera depuis 28 pouces, jusqu'à 28 pouces, 8 lignes, & le Thermométre depuis le

26ᵉ jusqu'au 10ᵉ degré au-dessus du point de la congélation. *Exemple.* Le Soleil, à 48 degrés de hauteur a 60 secondes de réfraction. Si le Barométre est alors à 28 pouces, 2 lignes & le Thermométre à 25 degrés au-dessus du point de la congélation, la troisième Table me donne $\frac{1}{20}$ à ôter. Je conclus que le Soleil n'a alors que 57 secondes de réfraction.

Enfin la quatrième Table contient ce qu'il faudra ajouter à la réfraction marquée par M. l'Abbé de la Caille, lorsque le Barométre variera depuis 28 pouces, jusqu'à 28 pouces, 8 lignes, & le Thermométre depuis 15 pouces au-dessus du point de la congélation, jusqu'à 6 pouces au-dessous du même point. *Exemple.* le Soleil, à 59 degrés de hauteur, a 40 secondes de réfraction. Si le Barométre est alors à 28 pouces, 2 lignes, & le Thermométre à 2 degrés au-dessous du point de la congélation, la 4ᵉ Table me donne $\frac{1}{20}$ d'augmentation; & je donne moi-même au Soleil 42 secondes de réfraction. Voici les 4 Tables en question.

TABLE I. *Otez.*

Hauteur du Barométre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermométre de Reaumur.	27.4	27 6	27.8	17.10	28.0
26	12	13	14	15	17
25	13	14	15	16	18
24	13	14	16	17	19
23	14	15	17	18	21
22	15	16	18	20	23
21	15	17	19	22	25
20	16	18	20	24	27
19	17	20	22	26	30
18	19	22	24	28	34
17	20	23	26	31	39
16	22	25	30	35	45
15	24	28	33	41	55
14	26	31	38	48	68
13	29	35	45	58	90
12	32	40	53	75	135
11	36	46	65	103	270
10	42	54	85	167	0
9	50	70	123	435	
8	61	95	227	0	
7	79	147	0		
6	111	323			
5	189	0			
4	0				

TABLE II. *Ajoutez.*

Hauteur du Barométre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermométre de Reaumur.	27. 4	27. 6	27. 8	27. 10	28. 0
9					270
8					135
7				196	90
6			333	114	68
5			149	80	55
4		233	96	62	45
3	476	125	71	50	39
2	172	86	56	42	34
1	105	65	46	37	30
0	76	52	40	33	27
1	59	43	35	29	25
2	48	37	31	26	23
3	41	32	28	24	21
4	36	29	25	22	19
5	32	27	23	20	18
6	28	25	22	19	17



TABLE IV. *Ajoutez.*

Hauteur du Baromètre en pouces & lignes.

Hauteur du Thermomètre de Reaumur.	28. 0	28. 2	28. 4	28. 6	28. 8
15					189
14				323	111
13				147	79
12			227	95	61
11		435	123	70	50
10		167	85	54	42
9	270	103	65	46	36
8	135	75	53	40	32
7	90	58	45	35	29
6	68	48	38	31	26
5	55	41	33	28	24
4	45	35	30	25	22
3	39	31	26	23	20
2	34	28	24	22	19
1	30	26	22	20	17
0	27	24	20	18	16
1	25	22	19	17	15
2	23	20	18	16	15
3	21	18	17	15	14
4	19	17	16	14	13
5	18	16	15	14	13
6	17	15	14	13	12

M. l'Abbé de la Caille nous avertit que lorsque ce qu'il faut ôter ou ajouter, surpasse le nombre 200, c'est-à-dire, est moindre qu'une deux centième partie, on peut le négliger, & mettre la réfraction telle qu'elle est dans sa Table.

M. de la Lande, *dans la connoissance des mouvemens célestes*, fait une remarque qui mérite d'avoir ici place. Il est vrai, *dit-il*, qu'un pouce d'augmentation dans la hauteur du Barométre, ou 10 degrés d'abaissement dans le Thermométre de M. de Réaumur, produisent également une augmentation d'une 27e partie de la réfraction marquée par la Table de M. l'Abbé de la Caille; mais cette régle ne peut guères s'appliquer à des hauteurs plus petites que 6 degrés; les vents, les vapeurs, les nuages, les fumées y jettent probablement une trop grande complication. Je crois, Monsieur, qu'il est tems de finir cette lettre. J'aurois été beaucoup plus court, s'il avoit plu à Newton de nous dire quelle étoit la hauteur du Barométre & du Thermométre, lorsqu'il dressa sa Table des réfractions de la lumière. Je suis, &c.

LETTRE QUATRIÉME.

Nécessité d'une Table qui marque les différens degrés de chaleur. Remarques qui rendent très-intelligible la Table de Newton sur cette matière. Table de Newton sur les différens degrés de chaleur. Principes & expériences qui en sont le fondement. Éclaircissemens sur la Nature du Bismuth & du Regule de Mars.

UNe Table, ou pour mieux dire, une espèce d'Echelle des différens degrés de chaleur ausquels nous pouvons être exposés sur la Terre, est encore, Monsieur, plus nécessaire à un Physicien, que la Table des réfractions de la lumière. Celle-ci est physico-mathématique, & celle-là purement physique. Aussi Newton ne manqua-t-il pas d'en construire une sur la fin du siécle dernier; & la Société Royale de Londres qui sçavoit auec quelle exactitude il avoit coutume de procéder dans ces sortes

d'occasions, la fit insérer dans ses Transactions philosophiques. On la trouve dans ce précieux recueil, au mois d'Avril 1701. *(num. 270).* Elle est encore à la fin du Tome II. de ses Opuscules avec ce titre : *Opusculum XXI. scala graduum caloris & frigoris.* Il me paroit que ces remarques ne seront pas inutiles à ceux qui voudront sçavoir comment cette Table a été dressée.

1°. Le feu agité d'un mouvement très-rapide en tout sens, est la cause de la chaleur. Nous sommes convenus, Monsieur, que vous feriez votre possible dans la troisième partie de cet ouvrage, pour assigner la cause méchanique de ce mouvement.

2°. Le froid absolu est physiquement impossible. Un corps absolument froid devroit ne contenir aucune particule ignée ; ou du moins faudroit-il supposer que les particules ignées qu'il contient, sont dans un parfait repos.

3°. Les corps que nous appellons froids, ne le sont que rélativement, c'est-à-dire, ce sont des corps moins chauds que tels &

tels autres avec lesquels nous les comparons. L'eau tiéde, chaude en elle-même, paroitroit très-froide à celui qui sortiroit de l'eau bouillante. L'eau ordinaire ne nous paroit froide, que parce que nous avons le sang très-chaud ; elle ne paroit peut-être que trop chaude aux poissons. Il en est de même du froid que nous éprouvons pendant l'hyver ; ce seroit une véritable chaleur pour les Lappons. C'est-là ce qui a engagé Newton à ne parler dans sa Table, que des différens degrés de chaleur ausquels nous pouvons être exposés ; il a bien compris qu'il remplissoit par-là toutes les obligations que lui imposoit le titre de son Opuscule.

4°. Dans la Table suivante les chiffres qui marquent les différens degrés de chaleur sont des nombres que l'on peut comparer, ou avec o, ou les uns avec les autres.

5°. Dans cette Table, o marque la chaleur qui regne dans l'air, pendant l'hyver, lorsque l'eau commence à se convertir en glace. Me demande-t-on, par-exemple, ce

que signifie le nombre 17 mis à côté d'un bain dont une main immobile peut supporter long-tems la chaleur ? Je répons que ce bain est 17 fois plus chaud que l'air que nous respirons pendant l'hyver, lorsque l'eau commence à se changer en glace. De même comme 12 marque la chaleur d'un oiseau qui couve, & 48 la chaleur qui fait fondre un mélange de parties égales d'Etain & de Bismuth ; vous conclurez que celle-ci est 4 fois plus forte que celle-là. Il me paroit, Monsieur, qu'avec ces Principes on doit comprendre la Table suivante.

Échelle des différens degrés de chaleur.

CHaleur de l'air pendant l'hyver, lorsque l'eau commence à se changer en glace, ou, ce qui revient au même, chaleur de l'air pendant l'hyver, lorsque le Thermométre de M. de Réaumur descend précisément jusqu'au point de la congélation.

Je comprens, Monſieur, que cette Table doit être d'un uſage infini en Phyſique. Un Phyſicien ne ſçauroit y jetter les yeux, ſans comprendre d'abord que l'air eſt 3 fois plus chaud, au Printems & en Automne, qu'il ne l'eſt pendant l'Hyver, lorſque le Thermométre de M. de Réaumur eſt au point de o. Il voit que la chaleur de l'Été eſt à peu près double de celle du Printems & de l'Automne; que la chaleur de l'eau bouillante eſt à peu près trois fois plus forte que celle du corps humain; que la chaleur qui fait fondre l'Étain eſt préciſément 6 fois plus forte que celle du corps humain; que l'Étain eſt plus facile à fondre, que le Biſmuth; & le Biſmuth que le Plomb, &c.

Newton nous apprend enſuite comment il s'y eſt pris pour conſtruire cette Table. Permettez-moi de vous rapporter quelques-unes de ſes opérations; vous ne ſerez pas, je vous l'aſſure, mécontent de lui. Il mit dans un tas de neige qui commençoit à ſe fondre, un Thermométre fait avec de

l'huile de lin ; c'est-là précisément la chaleur qui régne pendant l'Hyver, lorsque l'eau commence à se changer en glace. Il divisa en 10000 parties égales l'espace qu'occupa alors la liqueur. Il soumit ensuite le même Thermométre à presque tous les degrés de chaleur, dont il est parlé dans la Table précédente, je veux dire, à la chaleur du corps humain, à celle de l'eau qui commence à bouillir, à celle de l'eau bouillante, à celle de l'Étain fondu qui commence à prendre la consistence de l'amalgame, &c. ; & il trouva que les espaces qu'occupoit l'huile du Thermométre, étoient comme les nombres 10256, 10705, 10725, 11516. Il conclut de-là que la raréfaction de l'huile de lin dans le Thermométre en question, étoit marquée par les nombres qui sont au-dessus de 10000, je veux dire, par 256, par 705, par 725, & par 1516. Ces expèriences supposées, il raisonna de la sorte.

Les différens degrés de chaleur que reçoit l'huile du Thermométre soumis aux diffé-

rentes eſpèces de chaleur dont nous venons de faire l'énumération, ſont comme les différentes manières dont l'huile ſe raréfie ; donc en exprimant par 12 la chaleur naturelle du corps humain, il faudra exprimer par 33 celle de l'eau qui commence à bouillir. En effet 256 : 705 :: 12 : 33 + $\frac{12}{256}$, fraction que l'on peut négliger ſans conſéquence.

Par la même raiſon il faudra exprimer par 34 la chaleur de l'eau bouillante, parce que 256 : 725 :: 12 : 34 — $\frac{4}{256}$, fraction que l'on peut négliger avec encore plus de fondement que la précédente.

Enfin il faudra exprimer par 72 la chaleur de l'étain fondu qui commence à prendre la conſiſtence de l'amalgame. C'eſt ici la moins exacte des opérations de Newton. On ne doit exprimer ce degré de chaleur que par 71, parce que 256 : 1516 :: 12 : 71 + $\frac{16}{256}$, fraction que Newton auroit dû négliger dans ſon calcul. Notre Phyſicien, en faiſant ces différentes expériences, a remarqué que la même chaleur fait di-

parce que les Chymiſtes ont donné au fer le nom de Mars. Les autres matières dont parle Newton dans ſa Table des différens degrès de chaleur, ſont connues de tout le monde ; elles n'ont beſoin d'aucune remarque particulière. Je ſuis, &c.

LETTRE CINQUIÉME.

Idée générale du 19 opuſcule de Newton. Critique d'un endroit de cet opuſcule. Preuves qui démontrent que la lumière eſt un corps, & que Newton l'a toujours ainſi penſé.

LE dixneuvième opuſcule de Newton eſt un de ceux, Monſieur, que j'ai lu avec le plus de plaiſir. J'y ai trouvé les réponſes que ce Philoſophe fit à ceux qui lui propoſerent des objections contre ſon Optique, avant que cet ouvrage vit le jour. Vous comprenez bien que je ne ſuis pas tenté de vous en envoyer l'abrégé ; il faudroit me déterminer à répéter

la plupart des choſes que nous avons dites dans le premier livre de cette vie littéraire. Il y a cependant un point dont vous me permettrez bien de vous entretenir. Si j'ai le malheur de vous ennuyer; je vous promets que ce ne ſera pas pendant long-tems.

Il m'a toujours été démontré, comme 2 & 2 font 4, que la lumière eſt un corps. En effet tout ce qui eſt compoſé; tout ce qui a une maſſe; tout ce qui frappe & bleſſe ma rétine, eſt un corps. Or la lumière a toutes ces qualités. Donc la lumière eſt un corps. Le diriez-vous cependant, Monſieur? Newton n'a jamais oſé l'affirmer; il ſe plaint même de ceux qui lui font tenir un pareil langage; & il leur fait remarquer que toutes les fois qu'il a parlé de la lumière comme corps, il a toujours eu ſoin d'ajouter le mot *peut-être*. Ne croyez pas au reſte que j'en impoſe à ce grand homme; je vais vous rapporter ſes propres paroles; elles ſe trouvent ſous ce titre, *De*

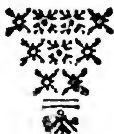
hypothesi mihi per errorem tributâ (*). Les principaux Points de cette hypothése sont que la lumière est un corps; qu'il y a autant de corps réellement distingués, que l'on compte de rayons colorés; que tous ces différens corps joints ensemble donnent le blanc, &c. C'est bien-là, si je ne me trompe, l'hypothése de Newton, telle que vous me l'avez rapportée, en me rendant compte de son Optique. Il prétend cependant qu'il ne s'est jamais exprimé ainsi. *En, ut videtur, id quod accipit pro meâ hypothesi. Verum quidem est quod ex meâ Theoriâ arguo lucem esse corpus; at id non incunctanter assero, ut innuit verbum* fortasse; *id propono, ad summum, tanquam probabile Doctrinæ meæ consectarium, non tanquam hypothesim quâ, velut fundamento, doctrina stabiliatur, quin imò nec tanquam Doctrinæ partem; quæ omninò superioribus propositionibus continebatur. Et sanè miror objectionum Auctorem me tam parvæ memoriæ credere*

(*) Tome II. des Opuscules de Newton, pag. 332.

potuisse, ut, cum perquam asseveranter Theoriam meam asseruissem, deinde suppositionem ipsam, quâ Theoria tota nitebatur, vix exili fortasse *fulciverim. Si talem aliquam hypothesim adoptassem, id alicubi patefecissem; at sciebam illas, quas palam faciebam, lucis proprietates aliquatenùs explicari posse non solum hâc, sed pluribus aliis mechanicis hypothesibus; & ideò eas omnes vitare decrevi, & de luce loquens verbis uti generalibus, eam abstractè considerans, ut nonnihil, quod ex lucidis corporibus quoquoversùm per rectas lineas propagatur, non determinans quid id esset, an confusa dissimilium potestatum mixtura, an ens quodcumque.* Je ne vois pas, Monsieur, sur quoi peut être fondé le scrupule de Newton. Ou il n'y a rien d'évident sur la Terre, ou il est évident que son Optique porte sur ce Principe. *La lumière est un corps hétérogéne, composé de sept rayons différens, dont chacun a un tel degré de réfrangibilité & de réflexibilité; & tel rayon n'a tel degré de réfrangibilité & de réflexibilité, que*
parce

parce que les parties dont il est formé ont telle masse & telle figure (*). Or je vous le demande, n'est-ce pas là supposer que la lumière est un corps ? Tout ce qu'on peut dire pour excuser Newton, c'est que cet Opuscule a paru dans les Transactions philosophiques long-tems avant que son Optique vit le jour. En effet l'Optique ne fut donnée au public, qu'en 1704, & cet Opuscule fut inséré dans les Transactions philosophiques le 18 du mois de Mars 1672 (*num.* 88, *pag.* 5084). C'est-là presque l'unique chose que j'aie trouvé à reprendre dans un ouvrage de très-longue haleine. Il contient plus de 125 pages in 4° ; & c'est de-là que Newton a tiré la plupart des expériences sur lesquelles son Optique est fondée. Je suis, &c.

(*) Livre I. de ce second Volume.



LETTRE SIXIÉME.

Deux lettres de Newton qui prouvent quel étoit son caractère.

IL me paroît, Monsieur, que pour faire connoitre à nos Lecteurs le caractère de Newton, il faudroit leur mettre sous les yeux quelques unes de ses lettres ; notre manière d'écrire nous dépeint pour l'ordinaire, tels que nous sommes. Newton étoit le plus poli, le plus doux & le plus ferme des hommes. Il se brouilla avec M. de Leibnitz, à l'occasion du calcul infinitésimal, comme vous me l'avez raconté au commencement de ce quatrième livre. Un ami commun de ces deux grands Hommes s'offrit à les raccomoder. M. de Leibnitz ne demandoit pas mieux ; mais il exigeoit des conditions ausquelles Newton ne voulut jamais souscrire ; elles sont exprimées dans la lettre suivante dont je vous envoye la traduction la plus fidelle ;

elle eſt addreſſée à celui qui vouloit faire cette réconciliation ; & elle eſt dattée du 14 Mai 1714, *vieux ſtile.*

Je n'entends pas aſſez bien la langue françoiſe, Monſieur, pour ſentir toute la force des termes dont ſe ſert M. de Leibnitz dans la lettre qu'il a eu l'honneur de vous écrire : j'ai cependant compris qu'il ſe plaignoit de je ne ſçais quel tort qu'il prétend que lui ont fait la Société royale, & Moi.

Si à mon occaſion M. Fatius a écrit quelque choſe contre lui, je vous proteſte qu'il l'a fait à mon inſçû.

Il y a 9 à 10 ans que M. de Leibnitz me calomnia, en inſinuant dans les Actes de Leipſick qu'il m'avoit donné l'idée de ma *Méthode des Fluxions.* M. Keil eut la bonté de prendre en main ma défenſe. Il le fit ſans m'en avertir ; & je n'appris leur démélé que par une réponſe de M. de Leibnitz à M. Keil, dans laquelle il prétendoit que je chantaſſe palinodie, en le reconnoiſſant pour l'inventeur du calcul

infinitésimal. Si vous venez à bout de me faire connoitre que j'aie manqué à M. de Leibnitz, je suis prêt à lui faire toute sorte de satisfactions. Mais que je chante palinodie au dépens de la vérité, ou que je dise que le jugement qu'a porté contre lui la Société Royale, n'est pas conforme aux régles de la plus exacte justice; voilà ce que personne au monde ne me fera jamais avouer. Je suis &c (1).

Lorsque les Transactions philosophiques commencerent à faire mention des nouvelles expériences de Newton sur les couleurs de la lumière, le P. Pardies, Jésuite, Proféſſeur de Mathématique au Collége de Paris, fit quelques observations & proposa quelques difficultés qu'il pria un de ses amis de communiquer à Newton. Celui-ci répondit toujours de la manière du monde la plus aimable. Voici une de ses réponses (2).

In observationibus R. P. Ignatii Pardies quas ad te denuò conscripsit, an majus sit

(1) Opuscule XIV. Tome I. page 375.

(2) Opuscule XIX. Tome II. pag. 318.

humanitatis argumentum, quod meis responsionibus vim omnem attribuit; an ingenii, quod objectiones proponit, quæ, si non probè tollantur, doctrinam nostram frustrari possint, vix dixerim: utrumque sanè ad determinandam veritatem optimè conducit, efficit. que ut acceptis quam lubentissime respondeam. Newton entre ensuite en matière. Il dit des choses qu'il n'est pas nécessaire de vous rapporter ici; nous les avons discutées dans le livre I. de cette vie littéraire. La fin de sa lettre est remarquable: *Reverendi verò Patris candor in omnibus conspicitur; indeque modus efferendi benevolentiam, qui mihi minimè oonvenit. Quod tamen nostra non displicent, vehementer gaudeo, vale.* Je pourrois vous citer, Monsieur, cent autres lettres de Newton qui prouveroient aussi bien que celles que je viens de vous rapporter, que notre Philosophe étoit le plus poli, le plus doux, & le plus ferme des hommes. Il me reste maintenant à vous exposer quelques traits qui ne seront pas déplacés dans sa vie littéraire; ils feront la matière de la lettre suivante. Je suis, &c.

LETTRE SEPTIÉME.

Différens Traits de la vie de Newton. Sa mort, ses obséques, sa figure, son caractère. Éloges qu'on lui a donnés. Parallèle de Descartes & de Newton par M. de Fontenelle. Parallèle des deux mêmes Philosophes par Du Baudori.

QUoique que la vie littéraire de Newton ne doive être dans le fond que l'histoire des ouvrages qu'il a donnés au Public, il est certains traits dans sa vie politique, Monsieur, que je crois pouvoir vous mettre sous les yeux sur la fin de la seconde partie de ce Traité de paix ; ils ne sont pas étrangers à Newton considéré comme Physicien. Ce sera l'ordre Chronologique que je suivrai dans le récit que je vais vous en faire ; j'éviterai par-là bien des longueurs.

En l'année 1687, le Roi Jacques II. attaqua les priviléges de l'Université de

Cambridge, où Newton occupoit une chaire de Profeſſeur. L'Univerſité chargea notre Philoſophe de les défendre par-devant la Cour de *Haute commiſſion*, & dans le Parlement de *convention* qui ſe tint l'année ſuivante à ce ſujet ; & elle eut lieu d'être ſatisfaite du choix qu'elle avoit fait.

En l'année 1696 il fut nommé *Garde*, & quelque tems après *Maître de la Monnoye.* Il eut cette dernière charge en récompenſe des ſervices importans qu'il avoit rendus à l'Angleterre dans la refonte preſque générale qui ſe fit en ce tems-là. Sa ſcience du calcul ne lui fut pas inutile dans ce poſte; ſa Table des *eſſais des Monnoyes étrangères* en eſt une preuve inconteſtable.

En l'année 1699 l'Académie Royale des Sciences de Paris le pria d'accepter une place d'Aſſocié étranger. Elle ſe ſeroit plutôt procurée cet honneur, ſi ces places euſſent été créées auparavant.

En l'année 1701 il fut de nouveau choiſi Membre du Parlement pour l'Univerſité de Cambridge. M. de Fontenelle re-

marque à cette occasion que c'est un erreur de regarder les Sçavans comme peu propres aux grandes affaires. On ne sçauroit pour l'ordinaire les confier en meilleures mains.

En l'année 1703 il fut élu Président de la Société Royale de Londres ; & il le fut 23 ans de suite. Il l'auroit été plus longtems, si sa vie eut été plus longue. Si cet exemple est unique dans cette célébre Compagnie, c'est qu'elle n'a pas encore eu, & qu'elle n'aura peut-être jamais un second Newton.

En l'année 1705 la Reine Anne le fit *Chevalier*. Les Sçavans en Angleterre ont droit d'aspirer aux plus grands Honneurs.

En l'année 1722 il se reposa de ses fonctions à la Monnoye sur M. Conduitt, à qui il avoit donné une de ses Niéces en mariage. Il avoit alors 80 ans ; & sa santé commença dès-lors à exiger les plus grands ménagemens. Personne n'étoit mieux en état que lui de se les procurer. Malgré les biens immenses qu'il avoit fait à sa famille pen-

dant ſa vie, il lui laiſſa à ſa mort ſept ou huit cent mille livres. Les Sçavans en Angleterre ne ſe contentent pas, comme dans bien d'autres Royaumes, de vivre de gloire.

Enfin le 20 Mars de l'année 1727, Newton mourut à l'âge de 85 ans. Ses obſéques furent à peu près ſemblables à celles des Têtes couronnées. Son corps fut expoſé ſur un lit de parade dans la chambre de Jéruſalem. De-là on le porta dans l'Abbaye de Weſtminſter où ſont les tombeaux des Rois d'Angleterre; le poile étant ſoutenu par Mylord, grand Chancelier, par les Ducs de Montroſe & Roxburgh, & par les Comtes de Pembroke, de Suſſez & de Maclesfield, tous ſix Pairs d'Angleterre. L'Evêque de Rocheſter fit le ſervice, accompagné de tout le Clergé de l'Egliſe, & le Corps fut enterré près de l'entrée du chœur. Une Nation qui honore ainſi le mérite, doit avoir naturellement un grand nombre de Sçavans; auſſi les grands-Hommes ſont-ils communs en Angleterre. Newton avoit la taille médiocre, l'œil fort vif

& fort perçant, la physionomie agréable & vénérable. Il ne se servit jamais de lunettes, & il ne perdit qu'une seule dent pendant toute sa vie. Ce sont-là, je l'avoue, des détails bien minutieux ; mais je vous dirai d'après M. de Fontenelle qui me les a fournis, que le nom Newton les justifie. En voici quelques autres plus intéressans. Notre Philosophe étoit naturellement modeste, simple, & affable. Sa passion dominante fut l'amour de la tranquillité. Il nous raconte lui-même que des objections qui s'éleverent contre son Traité d'Optique, en retarderent l'impression de plus de 30 années. *Tout homme*, dit-il, à cette occasion, *qui sacrifie le repos à la gloire, sacrifie un bien réel à une ombre passagère. Me arguerem imprudentiæ, quod, umbram captando, eatenùs perdideram quietem, rem prorsùs substantialem* (1). L'indifférence qu'il avoit pour la gloire, n'a pas empêché qu'on ne lui ait donné pendant sa vie & après sa mort les éloges les plus extatiques. Le plus outré

(*) Opuscules de Newton, Tome I. pag. 334.

de tous eſt tiré d'une Épitre que M. de Voltaire a miſe à la Tête de ſes Élémens de la Philoſophie Newtonienne. Le Poëte apoſtrophant les Anges même, leur parle de la ſorte ;

Confidents du très-Haut, ſubſtances éternelles,
Qui brûlés de ſes feux, qui couvrez de vos aîles
Le Trône où Votre Maître eſt aſſis parmi vous,
Parlez, du grand Newton n'êtiez-vous point jaloux ?

Cette Epitre contient cependant de grandes beautés, que j'aurai occaſion de vous faire admirer dans cette lettre même. Voici quelques autres éloges moins enthouſiaſtes & par conſéquent moins éloignés de la vérité.

On voit encore, Monſieur, dans l'Abbaye de Weſtminſter un ſuperbe monument élevé à la gloire de Newton. Avec cette inſcription.

H. S. E.

ISaacus Newtonus Eques Auratus,
Qui, animi vi propè divinâ,
Planetarum motus, figuras,
Cometarum semitas,
Oceanique æstus,
Suâ Mathesi faciem præferente,
Primus demonstravit.
Radiorum lucis dissimilitudines,
Colorumque inde nascentium proprietates,
Quas nemo antè suspicatus erat,
Pervestigavit.
Naturæ, Antiquitatis, S. Scripturæ
Sedulus, sagax, fidus interpres.
Dei O. M. Majestatem Philosophiâ aperuit,
Evangelii simplicitatem Moribus expressit,
Sibi gratulentur Mortales
Tale, tantumque extitisse
Humani generis decus.
Natus XXV. Dec. A. D. MDCXLII.
Obiit Mart. XX. MDCCXXVII.

Je souscris, volontiers, Monsieur, à tous les éloges qu'on donne dans cette inscription à Newton, considéré comme Physicien, & comme Mathématicien. Ce qu'il a écrit sur les Planétes, les Cométes, le flux & le reflux de la mer, la lumière & les couleurs, suppose en effet un Génie extraordinaire, j'ai presque dit créateur, *animi vi propè divinâ pervestigavit.* Mais quand même je n'aurois pas le bonheur d'être éclairé des lumières de la véritable Foi, je me garderois bien de regarder Newton comme un interpréte fidéle des saintes Ecritures; j'ai parcouru son commentaire sur l'Apocalipse & sur Daniel. Ce n'est pas là la seule chose qu'il y ait à reprendre dans cette inscription. La suivante est d'un tout autre gout; elle est du Fameux Pope.

Isaacus Newtonus
Quem immortalem
Testantur Tempus, Natura, Cœlum;
Mortalem
Hoc Marmor fatetur,

Pope joignit à cette épitaphe deux vers anglois dont la pensée est celle-ci : *Dieu a dit : que Newton soit fait & la lumière a été faite.* L'Editeur des opuscules de Newton l'a rendue en un distique qu'un bon Ecolier de Troisième avoueroit avec peine.

Naturam, legesque sua nox atra tegebat :
Sit Newtonus, ait Deus, & lux cuncta fuerunt.

Il a mieux réussi dans l'application qu'il a faite à notre Physicien de ces deux vers de Lucrèce. Il remarque très à propos que Newton les méritoit beaucoup mieux que ce Poëte Philosophe.

Avia Pieridum peragro loca, nullius ante
Trita solo ; juvat integros accedere fontes,
Atque haurire . . . .

Vous me permettrez bien de vous citer encore, Monsieur, quelques lambeaux d'une Epitre magnifique de M. de Voltaire en l'honneur de Newton, dont je vous ai déjà parlé. Ces sortes de citations ne déparent jamais une vie littéraire. Le Poëte rend ainsi les loix de l'attraction & l'hétérogénéité de la lumière.

Dieu parle, & le cahos se dissipe à sa voix ;
Vers un centre commun tout gravite à la fois.
Ce ressort si puissant, l'ame de la natúre,
Etoit enséveli dans une nuit obscure ;
Le compas de Newton mesurant l'Univers,
Leve enfin ce grand voile & les Cieux sont
ouverts.

Il déploye à mes yeux par une main sçavante,
De l'Astre des Saisons la robe étincelante.
L'Emeraude, l'Azur, le Pourpre, le Rubis,
Sont l'immortel tissu dont brillent ses habits.
Chacun de ses rayons dans sa substance pure,
Porte en soi les couleurs dont se peint la
nature ;
Et confondus ensemble, ils éclairent nos yeux,
Ils animent le monde, ils emplissent les Cieux.

Le cours des Cométes est encore dépeint dans cette Epitre d'une manière très vive & très poëtique.

Cométes que l'on craint à l'égal du Tonnerre,
Cessez d'épouvanter les peuples de la Terre ;
Dans une ellipse immense achevez votre cours,
Remontez, descendez près de l'Astre des
jours.

Lancez vos feux, volez & revenant sans cesse,
Des Mondes épuisés ranimez la vieillesse.

L'éloge que fit le fameux Halley de l'illustre Newton, nous donne ponr le moins une aussi grande idée de ce grand Physicien. On le trouve à la tête des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle. Je ne crois pas qu'il soit ici déplacé.

IN
VIRI PRÆSTANTISSIMI
ISAACI NEWTONI
OPUS HOCCE
MATHEMATICO-PHYSICUM,
Sæculi Gentisque nostræ decus Egregium.

EN tibi norma poli, & divæ libramina molis,
Computus en Jovis; & quas, dum primordia rerum
Pangeret, omni parens leges violare Creator
Noluit, atque operum quæ fundamenta locârit.

Intima panduntur victi penetralia Cœli,
Nec latet extremos quæ vis circum rotat orbes.
Sol ſolio reſidens ad ſe jubet omnia prono
Tendere deſcenſu, nec recto tramite currus
Sidereos patitur vaſtum per inane moveri;
Sed rapit immotis, ſe centro, ſingula gyris.
Jam patet horrificis quæ ſit via flexa Cometis;
Jam non miramur barbati phænomena Aſtri.
Diſcimus hinc tandem quâ cauſâ argentea Phœbe
Paſſibus haud æquis graditur; cur ſubdita nulli
Hactenus Aſtronomo numerorum fræna recuſet:
Cur remeant nodi, curque Auges progrediuntur.
Diſcimus & quantis refluum vaga cynthia pontum
Viribus impellit, feſſis dum fluctibus ulvam
Deſerit, ac nautis ſuſpectas nudat arenas;
Alternis vicibus ſuprema ad littora pulſans.
Quæ toties animos veterum torſere ſophorum,
Quæque ſcholas fruſtra rauco certamine vexant,

Talia monstrantem mecum celebrate camænis,
Vos ô cœlicolum gaudentes nectare vesci,
Newtonum clausi reserantem scrinia veri,
Newtonum Musis charum, cui pectore puro
Phœbus adest, totoque incessit numine mentem:
Nec fas est propius mortali attingere Divos.

Ajoutons, Monsieur, aux vies littéraires de Descartes & de Newton par ce qu'ont dit de ces deux grands-Hnmmes deux Ecrivains du premier mérite, Ecoutons d'abord Fontenelle; c'est ainsi qu'il s'exprime dans l'éloge historique que je vous ai cité si souvent.

» Descartes & Newton qui se trouvent
» dans une si grande opposition, ont eu
» de grands rapports. Tous deux ont été
» des Génies du premier ordre, nés pour
» dominer sur les autres esprits, & pour
» fonder des empires. Tous deux, Géomé-
» tres excellens, ont vu la nécessité de trans-
» porter la Géométrie dans la Physique.
» Tous deux ont fondé leur Physique sur
» une Géométrie, qu'ils ne tenoient pres-

» que que de leurs propres lumières. Mais
» l'un, prenant un vol hardi, a voulu ſe
» placer à la ſource de tout; ſe rendre mai-
» tre des premiers Principes par quelques
» idées claires & fondamentales, pour n'a-
» voir plus qu'à deſcendre aux phénomé-
» nes de la nature, comme à des conſé-
» quences néceſſaires : l'autre plus timide,
» ou plus modeſte, a commencé ſa mar-
» che par s'appuyer ſur les phénoménes
» pour remonter aux Principes inconnus ;
» réſolu de les admettre, quels que les put
» donner l'enchainement des conſéquences.
» L'un part de ce qu'il entend nettement,
» pour trouver la cauſe de ce qu'il voit.
» L'autre part de ce qu'il voit, pour en
» trouver la cauſe ſoit claire, ſoit obſcure.
» Les Principes évidents de l'un ne le con-
» duiſent pas toujours aux phénoménes
» tels qu'ils ſont; les phénoménes ne con-
» duiſent pas toujours l'autre à des Princi-
» pes aſſez évidents. Les bornes qui dans
» ces deux routes contraires ont pu arrê-
» ter deux hommes de cette eſpèce, ce ne

„ ſont pas les bornes de leur eſprit, mais „ celles de l'eſprit humain. "

Le P. du Baudory Jéſuite, dans ſa fameuſe Harangue ſur les *Inventeurs de nouveaux Siſtémes*, oppoſa Deſcartes à Newton avec autant de ſuccès que M. de Fontenelle. Voici les propres paroles de ce célébre Orateur; les traduire, ce ſeroit les affoiblir. *Unde calor ille repentinus qui totâ paſſim in Europâ non ita pridem exarſit, & illas præſertim diſciplinas quæ in rerum naturalium diſquiſitione verſantur, ſuis afflavit ignibus. Surrexit nimirùm magnus ille vorticum fabricator Carteſius. Vix pendula vorticum ſtructura gyravit in Galliâ, cum ecce omnia ſimul ingenia, eodem correpta motu, circumagi in orbe philoſophico viſa ſunt. Hinc ariete crebro vortices impetuntur, hinc levi vorticum declinatione ictus eluduntur; hinc vacuola tanquam cuniculi furtivo ducuntur aſſultu ad machinam diſturbandam, hinc pulveris tenuiſſimi jactu reſerantur hoſtiles cuniculi & obturantur. At ecce dum vorticoſa ſubſtructio acriter impugnata, acriter*

defensa novis firmatur in dies turmis auxiliaribus, ecce ab insulâ Gallicæ Philosophiæ rarò consonâ, quia semper æmulâ, in gallicum sistematis Inventotem nova procella detonat. Gens æquilibrii semper amica, ne Sistema Gallicum in Europâ præponderet, huic Anglici Sistematis opponit æquipondium. Jam propè dominantem cartésianam impulsionem toto virium luctamine audacter, quamvis latenter, parat impetere Attractio newtoniana. Grande certamen? Nihil agitur minus, quam orbis philosophici Principatus. Vel se Gallia Newtonianam victa fateatur oportet; vel se Cartésianam Anglia. Utra serviet alteri, an Roma Carthagini, an Romæ Carthago. Par in utroque Duce artis peritia, par æmulatio, sed longè dispar arma philosophica tractandi ratio. Cartesius ipsa naturæ primordia primo arripit impetu; indèque ad varia sigillatim rerum naturalium effecta sponte delabitur; Newto ab effectis cautè ac suspiciosè viam auspicatur, & iis innitendo ad primordiales rerum fontes conatur pedetentim adrepere. Alter primam naturæ scaturiginem audacter oc-

cupat, & ſequaces inde rivulos pertentat explorando; alter hæret primum in rivulis, & eorum veſtigia remetiendo ad latentem ſcaturiginem iter eluctatur. Cartéſius, quamvis præeunte apertiſſimâ Principiorum ſerie, nonnunquam aberrat in evolvendis naturæ effectibus; Newto, quamvis effulgente patentium effectuum luce, ſæpè caligat in diſquirendis Principiis. Alter in conſtruendo audaciâ plus quam humanâ; alter in computando plus quam alatâ velocitate. Ille planior ac dilucidior loquitur omnibus, & omnibus intelligitur; hic obſcurior ſolis loquitur viris ſagaciſſimis, & eorum ſæpè fugit intelligentiam. Gallus more Gallorum pugnat mediâ de luce, procurrit in aciem nudo pectore, amat videri, nec timet vulnerari. Anglus profundâ ſeptus computationum obſcuritate, in umbrâ dimicat, & oculos eludendo vulnus eludit. Carteſium denique cum ducibus illis audaciſſimis & experientiſſimis conferre mihi poſſe videor, qui amant in plano ac patenti aciem inſtruere, qui ſic agmina confertis ordinibus denſant, ut ne minimo quidem loci va-

cui interstitio sinant ab invicem segregari; qui omnes vastissimi corporis partes eâ motuum æquabilitate temperant, eo inter se turmarum ac legionum situ disponunt, ut equites ac pedites, stationaria ac levis armatura se mutuò tueantur æquilibrio; Newtonem verò ducibus illis versutis & alta meditantibus ritè contulerim, qui amant per abrupta montium, per loca deserta, vacua & concava, castra metari, qui dissimulando, explorando, speculando, experiendo bellum gerunt, nec tam aperto marte, quam occultâ molitione, quam imperviâ consiliorum caligine victoriam ad se conantur attrahere.

Voilà, Monsieur, deux Philosophes bien opposés. Je serai curieux de sçavoir comment de leurs deux Sistémes vous en formerez un dans lequel il entre à peu près autant de Cartésianisme que de Newtonianisme. Aussi attends-je votre première lettre avec encore plus d'impatience que toutes les autres. Je suis, &c.

LETTRE

LETTRE HUITIÉME.

Fondement de la Chronologie de Newton. Idée générale de cet ouvrage. Figure de la Terre decouverte par Newton. Examen de cette queſtion renvoyé à la troiſième partie de cet ouvrage ; pourquoi ?

JE ne ſçaurois, mon cher Chevalier, finir la vie littéraire de Newton, ſans vous dire un mot de ſa Chronologie. Cet ouvrage a un rapport très direct avec l'Aſtronomie ; il a donc un rapport au-moins indirect avec la Phyſique ; & par-là même il mérite de faire partie de l'Hiſtoire d'un des plus grands Phyſiciens, pour ne pas dire, du plus grand Phyſicien que l'Angleterre ait produit. Le fondement du ſyſtéme Chronologique de Newton eſt une obſervation qu'il eſt impoſſible de révoquer en doute ; c'eſt le mouvement des Étoiles en longitude qui leur fait parcourir d'Occident en Orient 1 degré, dans l'eſpace de 72 ans.

Il prétend que, du tems du centaure Chiron, la première Etoile de la constellation d'*Aries* se trouvoit au 22e degré & à la 22e minute de la constellation de *Pisces*. Il conclut de là que depuis l'année 1689 jusqu'au tems du centaure Chiron, ou, ce qui revient au même, jusqu'au tems du voyage des Argonautes, la première Etoile de la constellation d'*Aries* a eu un mouvement en longitude de 36 degrés & 29 minutes; ce qui donne 2627 années. De 2627, ôtez 1689; il vous reste 938; & vous fixerez avec Newton le voyage des Argonautes à environ 938 ans, avant la Naissance du Messie, ou à environ 43 ans après la mort de Salomon. M. de Fontenelle remarque à cette occasion (1) que par ce calcul le voyage des Argonautes, & tous les événemens qui le suivent, sont rapprochés d'environ 500 ans de l'Ere chrétienne. Ce systéme a été attaqué par bien des critiques. On leur reproche en Angleterre de ne l'avoir pas

(1) Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1727. pag. 167.

compris. Ce qu'il y a de vrai, c'est que M. Halley prétend que tout l'astronomique de la Chronologie de Newton est incontestable ; c'est-là un grand préjugé pour cet ouvrage.

Il y a encore, mon cher Chevalier, une découverte de Newton dont je n'ai pas eu occasion de vous parler ; c'est la détermination de la figure de la Terre. Il a prouvé par les loix des forces centrales, que le globe que nous habitons, devoit être un sphéroide applati vers les poles N A (Fig. 7, Pl. 4.), & élevé vers son équateur B C. Il a plus fait, il a assuré que l'axe N A : au diamétre de l'Equateur B C :: 229 : 230. Vous comprenez bien que je ne passerai pas sous silence un point de Physique aussi important. Si je le réserve pour la troisième partie de cet Ouvrage ; c'est que je prétens adopter purement & simplement tout ce qu'a écrit Newton sur cette matière. La première lettre que j'aurai l'honneur de vous écrire, sera le commencement même de cette troisième partie. Je suis, &c.

RÉPONSE

A la Lettre précédente.

VOtre dernière lettre me prouve, Monſieur, que vous vous attendiez à recevoir l'abrégé de la Chronologie de Newton, de la part d'un homme qui s'étoit chargé de vous rendre compte de la plupart de ſes opuſcules. J'avois en effet penſé à vous l'envoyer ; mais bien des raiſons m'en ont détourné. Et d'abord c'eſt un ouvrage très volumineux, qui n'a qu'un rapport très-indirect avec la Phyſique : l'Analyſe que j'en aurois faite, n'auroit-elle pas été un hors d'œuvre dans la vie littéraire d'un homme que nous nous ſommes fait un devoir de ne conſidérer que comme Phyſicien ? j'avoue que l'obſervation dont vous me parlez, n'eſt pas tout-à-fait étrangére à la Phyſique ; mais eſt-il bien ſur que, lors du voyage des Argonautes, la première Etoile de la conſtel-

lation d'*Aries* ſe trouvoit au 22e degré & à la 22e minute de la conſtellation de *Piſces ?* Les Tables de M. de la Hire ne lui donnent pas cette place. Vous ajoutez dans votre lettre que par-là le voyage des Argonautes & tous les événemens qui le ſuivent, ſeront r'approchés d'environ 500 ans de l'Epoque de l'Ere chretienne ; je le ſçais, & voilà ce qui me fait regarder comme ruineux le fondement ſur lequel porte la Chronologie de Newton. Le P. Souciet Jéſuite prouva autrefois à Newton lui-même que les Monumens les plus authentiques dépoſoient contre ſa manière de calculer. Voici ſes principales objections auſquelles je ne ſçache pas que l'on ait encore répondu.

1°. Dans le ſyſtéme Chronologique de Newton, J. C. vint au monde l'an 617 depuis la fondation de Rome. Le P. Souciet prétend qu'une pareille aſſertion eſt inſoutenable. En effet, *dit-il*, J. C. vint au monde ſous l'empire d'Auguſte. Or depuis la fondation de Rome juſqu'aux Empe-

reurs, il s'eſt écoulé 710 ans; puiſque les Rois gouvernerent Rome pendant 243 ans, & les Conſuls pendant 467. Donc J. C. n'eſt pas venu au monde l'an de Rome 617.

2°. Une medaille d'Adrien nous apprend que cet Empereur fut déclaré Conſul pour la troiſième fois, l'an 874 de la fondation de Rome. Donc ſi J. C. eſt venu au monde l'an de Rome 617, Adrien aura vecu l'an de J. C. 257. Mais nous ſçavons qu'Adrien mourut le 12 Juillet de l'an de J. C. 138; donc l'Epoque de l'Ere chrétienne ne doit pas être fixée à l'an 617 depuis la fondation de Rome.

3°. L'an 1000 de la fondation de Rome, ſous le troiſième Conſulat de Philippe le pere, & le ſecond Conſulat de Philippe le fils, à l'occaſion du nouveau ſiécle, ces Empereurs célébrerent des Jeux ſéculaires; donc l'époque de l'Ere chretienne n'eſt pas l'an 617 depuis la fondation de Rome. En effet dans ce ſiſtéme il faudroit dire que ces deux Empereurs ont vécu l'an de J. C. 383; & nous ſçavons

par l'Hiſtoire qu'ils furent tués l'an de J.C. 250.

4°. Newton dans ſa Chronologie veut qu'en général les regnes ſoient de 18 à 20 ans chacun. Or on trouve qu'en Europe cette durée paſſe toujours pour chaque Prince, l'un portant l'autre, dix huit & même vingt ans, & roule entre 23 & 35 ans. Donc la Chronologie de Newton porte ſur une fauſſe ſuppoſition. Ces preuves ont engagé le P. Souciet à renoncer au ſiſtéme Chronologique du Philoſophe anglois, & à propoſer aux Sçavans le ſiſtéme ſuivant.

Création du monde. L'an avant la naiſſance du Meſſie. 4020

Le Déluge. L'an du monde 1656

L'entrée d'Abraham dans la Terre de Chanaan. L'an du monde 2083

La ſortie des Hébreux de l'Egypte. L'an du monde 2512

La fondation du Temple de Salomon. L'an du monde 2991

La conquéte d'Alexandre. L'an du mon-

de 3690

La naiſſance d'Auguſte. L'an du monde 3959

La naiſſance de J. C. L'an du monde 4020

Le peu que je viens de vous rapporter, Monſieur, doit vous faire comprendre que l'extrait de la Chronologie de Newton, ſeroit un hors d'œuvre dans la vie littéraire de ce Philoſophe conſidéré comme Phyſicien. Il n'en eſt pas ainſi de ſa Diſſertaticn ſur la figure de la Terre. Vous ferez bien de m'en rendre compte dans la troiſième partie de cet Ouvrage, le plus exactement qu'il vous ſera poſſible. Il me tarde de commencer au plutôt cette troiſième partie. Je ſuis, &c.

Fin du Second Volume.

TABLE

Des Matières contenues dans le second Volume.

Fin de la Table.

Fautes à corriger.

PAge 8. *Ligne* 15. reudu *Lisez* rendu.
pag. 27. *lign.* 23. réflexion *lis.* réfraction.
pag. 60. *lign.* 21. partie *lis.* part.
pag. 64. *lign.* 6. differenes *lis.* differentes.
pag. 91. *lign.* 8. uns *lis.* unes.
pag. 171 *lign.* 17. proportion *lis.* proposition.
pag. 179. *lign.* 13. (*b*) lis. (*a*).
pag. 182. *lign.* 5. (*c*) lis. (*b*).
pag. 184. *lign.* 2. de *lis.* des.
pag. 280. *lign.* 2. raisone *lis.* raisons.
pag. 293. *lign.* 19. *quoad* lis. *quod.*
pag. 300. *lign.* 23. minures *lis.* minutes.
pag. 313. *lignes* 15 & 17. pouces *lis.* degrés.
pag. 338. *lign.* 8. quoique que *ôtez* que.
pag. 340. *lign.* 1. un *lis.* une.
pag 344. *lign.* 7. *faciem* lis. *facem.*
pag. 351. *lign.* 8. par ce *ôtez* par.

Dans la Figure 2. de la Planche 2, le point d'intersection B doit être un peu au-dessous du point O.

Avis au Relieur.

VOus mettrez les 4 Planches à la fin du Volume, & vous les placerez de manière que l'on puisse lire le livre & voir les Figures.

